

PLANO BÁSICO AMBIENTAL

Ferrovia de Integração Oeste – Leste (FIOL)

PROGRAMAS PARA O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO



Brasília, 11 de outubro de 2013.

Sumário

Medidas Compensatórias	4
1. Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico	4
1.1. Introdução	4
1.2. Objetivo 5	
1.3. Justificativa	5
1.4. Metas e indicadores	6
1.5. Aspectos legais	7
1.6. Procedimento metodológico	7
1.7. Inter-relação com os outros Programas e Subprogramas Ambientais	14
1.8. Responsabilidade de execução	14
1.9. Recursos 15	
1.10. Cronograma	17
1.11. Bibliografia	18
Medidas Mitigadoras	19
2. Programa de Mitigação para o Patrimônio Espeleológico	19
2.1. Introdução	19
2.2. Justificativa	19
2.3. Objetivo 19	
2.4. Metas e indicadores	20
2.5. Aspectos legais	20
2.6. Impactos e Procedimentos metodológicos	21
2.6.1. Medidas Mitigadoras para o Resguardo do Patrimônio Espeleológico	21
2.7. Responsabilidade de execução	30
2.8. Recursos 31	
2.9. Cronograma	32
2.10. Bibliografia	33
Medidas de Monitoramento	36
3. Programa de Monitoramento da Paisagem Associada ao Patrimônio Espeleológico	36
3.1. Subprograma de monitoramento para avaliação de vibrações	36
3.1.1. Justificativa	36
3.1.2. Objetivos	36
3.1.2.1 Objetivo Geral	36
3.1.2.2 Objetivos específicos	37
3.1.3. Metas e indicadores	37
3.1.4. Aspectos legais	38
3.1.5. Procedimento metodológico	39
3.1.6. Inter-relação com os outros Programas e Subprogramas Ambientais:	45
3.1.7. Responsabilidade de execução	46
3.1.8. Recursos	46
3.1.9. Cronograma	48
3.1.10. Bibliografia	50
3.2. Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas	52
3.2.1. Justificativa	52
3.2.2. Objetivo	52
3.2.3. Metas e indicadores	52
3.2.4. Aspectos legais	53

3.2.5.	Procedimento metodológico.....	53
3.2.6.	Inter-relação com os outros Programas e Subprogramas Ambientais: ..	55
3.2.7.	Responsabilidade de execução	56
3.2.8.	Recursos	56
3.2.9.	Cronograma.....	57
3.2.10.	Bibliografia	59
3.3.	Subprograma de Resgate Espeleológico	60
3.3.1.	Justificativa	60
3.3.2.	Objetivo.....	60
3.3.3.	Metas e indicadores	60
3.3.4.	Aspectos legais.....	61
3.3.5.	Procedimento metodológico.....	61
3.3.6.	Inter-relação com os outros Programas e Subprogramas Ambientais: ..	62
3.3.7.	Responsabilidade de execução	62
3.3.8.	Recursos	63
3.3.9.	Cronograma.....	63
3.3.10.	Bibliografia	64
4.	Anexos.....	65
	Anexo 4.0. 66	
	Proposta de Unidade de Proteção Espeleológica.....	66
	Anexo 4.1. 68	
	Descrição e mapas das cavidades testemunho sugeridas para compensação espeleológica no Lote 06 da FIOL	68
	Anexo 4.2. 87	
	Projeto executivo de Terraplanagem	87
	Anexo 4.3. 94	
	Descritivo de Drenagem	94
	Anexo 4.4. 124	
	Projeto Geométrico do Lote 06 Da FIOL.....	124
	Anexo 4.5. 130	
	Diagrama de Caixas de Empréstimo, Areia e Pedreiras.....	130
	Anexo 4.6. 132	
	NOTA TÉCNICA Nº 09/2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC	132

PLANO BÁSICO AMBIENTAL – FIOLE
PROGRAMAS PARA O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

MEDIDAS COMPENSATÓRIAS

**1. PROGRAMA COMPENSATÓRIO PARA O PATRIMÔNIO
ESPELEOLÓGICO**

1.1. INTRODUÇÃO

As medidas compensatórias apresentadas neste programa visam atender à legislação espeleológica, com especial atenção ao Decreto 99.556/1990, alterado pelo Decreto 6.640/2008, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.

No âmbito do processo de licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente impactantes ao patrimônio espeleológico, o órgão ambiental licenciador deverá classificar as cavidades naturais subterrâneas, doravante tratadas por 'cavernas', observando os critérios estabelecidos na Instrução Normativa MMA nº 002/2009.

Tal classificação contempla a análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local, determinando seu grau de relevância em: máximo, alto, médio ou baixo.

Segundo o referido Decreto, não é permitido o impacto negativo irreversível a cavidades classificadas como de máxima relevância. Nos outros níveis, o impacto negativo irreversível será tolerado; sendo que, quando de alta ou média relevância, a autorização de dano está condicionada à compensação ambiental.

Desta forma, as medidas compensatórias ao patrimônio espeleológico pela instalação da FIOLE serão executadas conforme o grau de relevância das cavernas possivelmente impactadas.

Considerando o já finalizado inventário espeleológico da FIOLE, as diretrizes deste Plano Básico Ambiental abrangem tanto ações gerais, quanto aquelas

reservadas ao Lote 06, onde se concentraram todas as cavernas descobertas, sujeitas a impacto.

Deste modo, nas áreas de São Félix do Coribe/BA e Santa Maria da Vitória/BA, onde já se tem conhecimento de cavernas que poderão ser negativa e irreversivelmente impactadas – conforme exposto nos estudos ambientais –, as ações de compensação espeleológica serão descritas especificamente.

1.2. OBJETIVO

- I. O presente programa tem por objetivo determinar o modelo de compensação ambiental a ser adotado em resposta aos impactos gerados com a instalação e operação da FIOLE sobre o patrimônio espeleológico.
- II. Considerando-se que as cavernas PEA 0342, PEA 0343 e PEA 0378 serão impactadas negativa e irreversivelmente, este programa também tem por objetivo a apresentação de proposta de compensação ambiental detalhada e específica para tais cavidades.

1.3. JUSTIFICATIVA

- III. Conforme a Resolução CONAMA Nº 001/1986, as ferrovias são consideradas atividades modificadoras do meio ambiente.
- IV. Segundo o Art. 5º-A do Decreto 99.556/1990, 'A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, bem como de sua área de influência, dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente'.
- V. Segundo a mesma normativa, como condição ao licenciamento ambiental, cavidades naturais subterrâneas de grau de relevância alto e médio, que forem objeto de impactos negativos irreversíveis, gerarão obrigações compensatórias específicas, a saber:
 1. Para cavidades com *grau de relevância alto*, o empreendedor deverá adotar medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo

grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho¹.

2. Para cavidades com *grau de relevância médio*, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente de cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.

1.4. METAS E INDICADORES

Metas

- VI. Constituição de áreas de proteção permanente, que englobem todas as cavidades testemunho, respeitando suas áreas de influência.
- VII. Para o caso específico das cavernas concernentes ao Lote 06 da FIOL, tem-se por meta a criação de uma Unidade de Proteção Espeleológica, no município de São Félix do Coribe - BA, como compensação ambiental para os danos gerados ao patrimônio espeleológico considerado afetado pelos trechos da ferrovia até o momento em licenciamento.
- VIII. Manutenção, em caráter permanente, das condições de conservação da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica formadas.

Indicadores

- IX. Ações e/ou injeção de recursos financeiros em atividades/projetos que propiciem a manutenção, preservação e/ou conservação do patrimônio espeleológico nacional, durante a fase de instalação e operação da ferrovia, com entrega de documentos que comprovem tais ações ao órgão ambiental competente;
- X. Número e cavidades testemunho protegidas;
- XI. Quantidade de outras cavernas protegidas em decorrência da instalação da unidade de proteção;
- XII. Quantidade de novas cavidades descobertas na continuidade dos estudos espeleológicos na região.

¹ Cavidades testemunho são consideradas de *grau de relevância máximo*, não podendo, portanto, sofrer quaisquer impactos negativos irreversíveis.

1.5. ASPECTOS LEGAIS

- XIII. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990.
- XIV. Decreto nº 6.640, de 07 de Novembro de 2008.
- XV. Instrução Normativa MMA nº 002, de 20 de Agosto de 2009.
- XVI. Instrução Normativa MMA nº 030, de 19 de Setembro de 2012.
- XVII. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de Janeiro 1986.
- XVIII. Resolução CONAMA nº 347, de 10 de Setembro de 2004.
- XIX. Portaria IBAMA nº 887, de 15 de Julho 1990.
- XX. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000.
- XXI. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.

1.6. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para a proposição de qualquer unidade de proteção espeleológica, criada em decorrência da compensação de cavidades impactadas negativa e irreversivelmente no âmbito do licenciamento da FIOL, deverão ser adotados os parâmetros discriminados abaixo. Para o específico caso da compensação das cavernas impactadas no Lote 06, o detalhamento da metodologia será tratado no subitem Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe.

UNIDADES DE PROTEÇÃO ESPELEOLÓGICA

- XXII. Determinar as cavidades naturais subterrâneas que serão negativa e irreversivelmente impactadas, levando-se em consideração a posição da linha férrea e de obras de engenharia e a instalação e operação da ferrovia.
- XXIII. Observação do grau de relevância das cavernas consideradas impactadas e levantar os atributos que contribuíram para tal classificação de relevância.
- XXIV. Nos casos de impacto sobre cavidades classificadas com alto grau de relevância, definir para cada uma das cavidades naturais subterrâneas de alto grau de relevância a serem preservadas como '*cavidades testemunho*', observando, sempre que possível, sua disposição em área contínua e no mesmo grupo geológico de cada cavidade que sofreu impacto.
- XXV. A área mínima a ser preservada deve abranger a área de entorno suficiente à manutenção de suas estruturas físicas, bem como ao equilíbrio ambiental para manutenção de seus ecossistemas associados, e as características da área devem ser apresentada na forma do quadro 1.1.

Quadro 1.1 - Identificação das Unidades de Proteção Espeleológica

N	Vértices do polígono da unidade de proteção espeleológica	Tamanho da área protegida (ha)	Quantidade de cavernas testemunho	Número de cavernas efetivamente protegidas	Perímetro de cercamento (m)	Aceiro instalado?
1						

- XXVI. Para os devidos fins de preservação, as glebas que contenham as cavidades testemunho deverão ser desafetadas e cercadas. Sempre que se entender necessário, as cercas deverão ser restauradas ou refeitas.
- XXVII. O trânsito de pessoas na(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica deverá ser restrito e não deverão ser permitidas quaisquer alterações de uso do solo em seu interior. Deverão ser instaladas placas explicativas nas cercas indicando restrições de entrada e uso na(s) Unidade(s).
- XXVIII. Deverá ser instalado e mantido aceiro ao longo de todo cercamento da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica, cuja manutenção deverá ser semestral.
- XXIX. Para a delimitação e isolamento das Unidades de Proteção Espeleológica, deverá ser construída cerca de arame transversal, não telada, para não inibir ou limitar o acesso de animais silvestres – especialmente os de grande porte.
- XXX. Para Unidades de Proteção Espeleológica lindeiras à ferrovia, o trânsito de pessoas e máquinas deverá ser restrito exclusivamente à faixa de domínio. Para evitar que máquinas e operários transpassem a área delimitada, no perímetro destas unidades será realizado cercamento provisório com fitas zebradas, placas sinalizadoras e cavaletes refletores e luminescentes (caso haja serviços de obra noturnos), em período anterior ao início das obras.
- XXXI. Ao final do período de instalação da ferrovia, todas as sinalizações internas ao perímetro das Unidades de Proteção Espeleológica deverão ser recolhidas.
- XXXII. A compensação espeleológica implica na preservação de áreas em caráter permanente, devendo, portanto, ser apresentado algum mecanismo legal que permita a delimitação de uso da terra, com fins exclusivos de preservar, conservar ou recuperar os recursos ambientais existentes, podendo haver o desenvolvimento de pesquisas científicas e visitação com objetivos

educacionais – este último, apenas caso previsto em Termo de Compromisso ou no Plano de Manejo.

- XXXIII. O mecanismo legal supracitado deverá seguir preferencialmente a seguinte ordem: instituição de Servidão Ambiental, prevista na Lei nº 12.651/2012; instituição de Unidades de Conservação, previstas na Lei nº 9.985/2000; ou de outro mecanismo que garanta o mesmo grau de preservação.
- XXXIV. Caso decidido pela implantação de qualquer modalidade de Unidade de Conservação prevista na Lei nº 9.985/2000, seja de Proteção Integral ou de Uso Sustentável, deverá ser elaborado Plano de Manejo conforme legislação específica.
- XXXV. O início da implantação da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica acontecerá após a regularização fundiária das áreas.
- XXXVI. A qualquer tempo, quando a administração da FIOLE for repassada para empresa concessionária, as responsabilidades técnica e jurídica de manutenção e conservação da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica também deverão ser repassadas a esta. Tal responsabilidade deverá estar explícita no processo licitação de Cessão e Direito de Uso da Capacidade Operacional da FIOLE e no contrato de cessão.
- XXXVII. É vedada a redução da delimitação e do grau de proteção da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica instituídas como compensação ambiental pelos danos gerados pela FIOLE ao patrimônio espeleológico, sob qualquer circunstância.
- XXXVIII. Para o reestabelecimento das paisagens naturais e da diversidade biológica, caso estejam parcial ou integralmente degradadas, deverá ser realizada a restauração vegetal no interior das Unidades de Proteção Espeleológica, com a metodologia prevista no Subprograma de Recuperação de Áreas Degradadas, previsto no PBA da FIOLE.
- XXXIX. Como adoção de medidas compensatórias para impactos gerados a cavidades naturais subterrâneas de *médio grau de relevância*, sugere-se a expansão e conglomeração de áreas preservadas pela criação de Unidades de Proteção a cavidades testemunho, aumentando, assim, a superfície contínua dos remanescentes florestais lindeiros ou o apoio ao adensamento da pesquisa espeleológica na região.

- XL. Não havendo, na área do empreendimento, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes definirá, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.
- XLI. Para futuras solicitações da Licença de Instalação para outros trechos da FIOL que porventura tenham afetação ao patrimônio espeleológico, deverão ser apresentados planos específicos de compensação espeleológica, tendo como subsídio, as ações previstas neste programa.
- XLII. A constatação da efetiva preservação destas áreas, durante o período de obras, deverá ser realizada por meio de fiscalização diária, buscando-se indícios de uso inadequado por terceiros que possam ocasionar danos ambientais à respectiva Unidade de Proteção.

UNIDADE DE PROTEÇÃO ESPELEOLÓGICA DE SÃO FÉLIX DO CORIBE

- XLIII. Sugere-se, para compensação ambiental das cavernas de alta relevância PEA 0342, PEA 0343 e PEA 0378, a preservação como cavidades testemunho das cavernas PEA 0354, PEA 0356, PEA 0358, PEA 0379, PEA 0380 e PEA 0381, todas de *relevância alta* e com atributos similares às impactadas.
- XLIV. Para tal, será instituída no município de São Félix do Coribe-BA uma área de proteção permanente, com área total aproximada de 245 hectares, composta por três polígonos contíguos, sendo: o primeiro, denominado N1, localizado entre as faixas de domínio da FIOL e da BR-135; o segundo, N2, entre o Rio Corrente e a faixa de domínio da FIOL; e o terceiro, S1, a sudeste da faixa de domínio da BR-135, abrangendo parte do maciço carbonático subsequente, detentor de alto potencial espeleológico (Anexo 4.0.).
- XLV. A descrição e os mapas das cavidades sugeridas como cavidades testemunho para a compensação ambiental constam no Anexo 4.1. do presente Programa.

Quadro 1.2 - Compensação espeleológica do Lote 06 – FIOL. Comparativo dos atributos de valoração entre cavernas impactadas e cavernas testemunho.

Cavernas Impactadas	Atributos de Valoração		Cavernas testemunho	Atributos de Valoração	
	Regional	Local		Regional	Local
PEA 342	<ul style="list-style-type: none"> • Médio Volume (18,2 m³) • Baixa abundância relativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Média riqueza de espécies • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) • População residente de quirópteros 	PEA 379	<ul style="list-style-type: none"> • Média Área (10,0m²) • Médio volume (23,3m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Média Riqueza de Espécies
			PEA 358	<ul style="list-style-type: none"> • Médio volume (2758,0m³). • Média área (283,1m²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) • População residente de quirópteros
PEA 343	<ul style="list-style-type: none"> • Alta área (34,3m²) • Alto volume (40,4m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • População residente de quirópteros. • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) • Média riqueza de espécies. 	PEA 356	<ul style="list-style-type: none"> • Alta área (136,6m²) • Alto volume (258,5m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) • População residente de quirópteros
			PEA 380	<ul style="list-style-type: none"> • Média área horizontal (197,0 m²) • Médio volume (990,1 m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) • Média riqueza de espécies
PEA 378	<ul style="list-style-type: none"> • Media área (520m²) • Media Volume (1238,9m³) • Alta riqueza se espécies 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de água com importância na dinâmica hídrica e biológica • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais) 	PEA 354	<ul style="list-style-type: none"> • Alta área (1860,1m²) • Alto volume (4608,9m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de água com importância na dinâmica hídrica e biológica • Alta diversidade de substratos orgânicos (5 tipos ou mais)
			PEA 381	<ul style="list-style-type: none"> • Média área (421,0m²) • Alto volume (1334,8m³) • Media riqueza de espécies 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de água com importância na dinâmica hídrica e biológica • Espécie troglomórfica. • Baixa diversidade de substratos orgânicos. • Baixa abundância relativa.

XLVI. A caverna PEA 0379, inicialmente classificada como de *média relevância* por seus atributos, foi automaticamente reclassificada como *alta relevância*, por se encontrar na área de influência de caverna de *máxima relevância* -

PEA 0383, conforme inciso XX do Art. 7º da Instrução Normativa MMA 002/2009.

- XLVII. Ressalta-se que os polígonos sugeridos abrangerão, além das cavidades testemunho, outras cavidades naturais subterrâneas, como as PEA 0383 (de máxima relevância), PEA 0378 e PEA 0381 (de alta relevância e que possuem comunicação com o lençol freático) – estas três localizadas nas glebas N1 e N2 –, bem como outras 12 cavernas, identificadas durante o inventário espeleológico da ferrovia e localizadas na gleba S1, que possui alto potencial para existência de mais cavernas, por ter sido apenas parcialmente prospectada.
- XLVIII. Os polígonos serão cercados em todo seu perímetro, tendo-se em vista que a secção destas glebas será realizada pela linha férrea da FIOL e pela já existente BR-135. Considerando-se os polígonos descritos abaixo, o cercamento desta unidade (abrangendo-se as três glebas) terá perímetro de 9,5 km, com uma área total aproximada de 245 hectares.
- XLIX. Os vértices indicados da primeira gleba da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe, N1, são:

Vértices	Coordenadas UTM		
	Zona	Leste	Norte
1	23L	586709	8516371
2	23L	586819	8516262
3	23L	587133	8516384
4	23L	587320	8516504
5	23L	587196	8516881
6	23L	587120	8516905
7	23L	587025	8516901
8	23L	586904	8516817
9	23L	586818	8516754
10	23L	586750	8516679
11	23L	586723	8516621
12	23L	586713	8516537
13	23L	586709	8516371

- L. Os vértices indicados da segunda gleba da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe, N2, são:

Vértices	Coordenadas UTM		
	Zona	Leste	Norte
1	23L	586151	8516137
2	23L	586255	8515985
3	23L	586299	8516006
4	23L	586333	8516022
5	23L	586363	8516037
6	23L	586411	8516061
7	23L	586468	8516099
8	23L	586515	8516136
9	23L	586538	8516169
10	23L	586577	8516239
11	23L	586519	8516314
12	23L	586385	8516483
13	23L	586273	8516253
14	23L	586151	8516137

- LI. Os vértices indicados da terceira gleba da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe, S1, são:

Vértices	Coordenadas UTM		
	Zona	Leste	Norte
1	23L	587927	8516426
2	23L	587326	8516373
3	23L	586906	8516142
4	23L	586170	8515774
5	23L	586585	8515046
6	23L	586442	8514913
7	23L	586442	8514824
8	23L	586502	8514786
9	23L	586554	8514622
10	23L	586579	8514538
11	23L	586693	8514512
12	23L	586774	8514524
13	23L	587045	8514709
14	23L	587284	8514950
15	23L	587494	8515178
16	23L	587755	8515242
17	23L	587881	8515488
18	23L	587863	8515788
19	23L	587913	8515940
20	23L	588187	8516122
21	23L	587927	8516426

- LII. O perímetro de todas as glebas deve ser revisado em campo, podendo sofrer adequações visando à otimização dos procedimentos de instalação da mesma.
- LIII. Serão realizados, ao longo do monitoramento espeleológico da FIOLE, estudos de prospecção e mapeamento espeleológico para fins de melhoria do conhecimento da região das cavernas, principalmente da gleba S1.
- LIV. Complementarmente, serão realizados os estudos de caracterização espeleológica das três cavidades testemunho presentes na gleba S1 da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe.
- LV. Será elaborado documento comprobatório de implantação de Unidade de Proteção Espeleológica no município de São Félix do Coribe-BA, com extensão prevista de 245 ha em conformidade aos parâmetros descritos neste Plano.

1.7.INTER-RELAÇÃO COM OS OUTROS PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS AMBIENTAIS

- LVI. Programa de Plantios Compensatórios
 - 1. Subprograma de Recuperação de Áreas Degradadas
- LVII. Programa de Controle da Poluição e da Degradação Ambiental na Construção
 - 1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção
 - 2. Subprograma de Recuperação de Áreas Degradadas
- LVIII. Programa de Proteção da Flora
 - 1. Subprograma de Prevenção Contra Queimadas
 - 2. Subprograma de Minimização de Desmatamentos
- LIX. Programa de Gerenciamento da Mão de Obra
 - 1. Subprograma de Contratação e Treinamento do Pessoal

1.8.RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

- LX. **VALEC.** Na qualidade de empreendedor e responsável pela execução das obras, a VALEC é o órgão contratante e principal fiscal da aplicação deste programa. A VALEC poderá contratar consultores e/ou terceirizados para serviços especializados, de supervisão e de apoio, visando à boa execução dos serviços nele previstos.

- LXI. **Empresas contratadas.** A empresa de consultoria ambiental contratada deverá, com fulcro no processo de licenciamento ambiental de cada trecho, sugerir as cavidades testemunho, elaborar e executar o plano de proteção. A empreiteira contratada será responsável pela implantação da cerca e aceiros das unidades de proteção espeleológica.
- LXII. **Empresa concessionária.** Quando a administração da FIOLE for repassada a uma empresa concessionária, esta deverá assumir por completo o ônus de manutenção da(s) Unidade(s) de Proteção Espeleológica atribuído à VALEC.
- LXIII. **IBAMA.** O IBAMA é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela fiscalização do atendimento das condições estabelecidas nas licenças concedidas e suas renovações.
- LXIV. **ICMBIO:** É o órgão responsável em discutir a compensação espeleológica caso não haja cavidades naturais subterrâneas na área do empreendimento que possam ser utilizadas como cavidades testemunho.

1.9. RECURSOS

- LXV. Os quadros 1.3 e 1.4 apresentam, respectivamente, os recursos humanos e materiais demandados para execução de unidades de proteção espeleológica, criadas em função da implantação e operação da FIOLE.

Quadro 1.3 - Programa de Medidas Compensatórias ao Patrimônio Espeleológico: Estimativa de recursos humanos.

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total (Unidade)
Coordenador do programa compensatório para o patrimônio espeleológico (espeleólogo sênior)	H x Mês	1	3	3
Fiscal para espeleologia	H x Mês	2	3	6
Supervisor de obra (cerca e aceiro)	H x Mês	1	1	1
Tratorista para instalação de aceiro	H x Mês	1	1	1
Operários para instalação de cerca ¹	H x Mês	X*	1	X*
Operários para manutenção do aceiro ¹	H x Mês	Y*	2	2Y*

¹ A quantidade de operários deverá ser calculada em função do perímetro das áreas, (medido em metros). Estima-se tempo máximo de implantação de cerca e aceiro em 01 (um) mês. A manutenção dos aceiros deverá ser realizada com frequência semestral, por tempo indeterminado.

Quadro 1.4 - Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico: Estimativa de recursos materiais.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Número de meses	Total (Unidade)
Moirões de madeira ou concreto	Unidade	X**/2m	-	X**/2m
Arame	Metros	5X**	-	5X**
Ferramentas (enxadas, boca-de-lobo, etc.)	Equip. x mês	X*	1	X*
Veículo ²	Veíc. x mês	1	1	1
Trator	Veíc. X mês	1	1	1
Computadores	Equip. x mês	3	1	3
GPS	Equip. x mês	3	1	3
Material de campo	Verba x mês	2	1	2
Material de escritório	Verba x mês	1	1	1
Máquina fotográfica	Equip. x mês	3	1	3

² Deverá ser um veículo compatível à quantidade de operários, podendo ser uma van, um micro-ônibus ou um ônibus.

* Valor indicado no Quadro 1.3.

** Perímetro da Unidade de Proteção Espeleológica a ser implantada, medido em metros.

LXVI. Os quadros 1.5 e 1.6 apresentam, respectivamente, os recursos humanos e materiais demandados para execução da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe.

Quadro 1.5 - Estimativa de recursos humanos para implantação e manutenção da Unidade de Preservação Espeleológica de São Félix do Coribe.

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total (Unidade)
Coordenador do programa compensatório para o patrimônio espeleológico (espeleólogo sênior)	H x Mês	1	3	3
Fiscal para espeleologia	H x Mês	2	3	6
Supervisor de obra (cerca e aceiro)	H x Mês	1	1	1
Tratorista para instalação de aceiro	H x Mês	1	1	1
Operários para instalação de cerca	H x Mês	22	1	22
Operários para manutenção do aceiro ¹	H x Mês	2	2/ano	4/ano

Estima-se tempo máximo de implantação de cerca e aceiro em 01 (um) mês.

¹ A manutenção dos aceiros deverá ser realizada com frequência semestral, por tempo indeterminado.

Quadro 1.6 - Estimativa de recursos materiais para implantação e manutenção da Unidade de Preservação Espeleológica de São Félix do Coribe.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Número de meses	Total (Unidade)
Moirões de madeira ou concreto	Unidade	4.785	-	4.785
Arame	Quilômetros	47,85	-	47,85
Ferramentas (enxadas, boca-de-lobo, etc.)	Equip. x mês	22	1	22
Veículo ²	Veíc. x mês	1	1	1
Trator (para aceiro)	Veíc. X mês	1	1	1
Computadores	Equip. x mês	3	1	3
GPS	Equip. x mês	3	1	3
Material de campo	Verba x mês	2	1	2
Material de escritório	Verba x mês	1	1	1
Máquina fotográfica	Equip. x mês	3	1	3

² Deverá ser um ônibus que comporte todos os 22 operários.

1.10. CRONOGRAMA

- LXVII. As negociações de aquisição das terras destinadas à implantação de unidades de proteção espeleológica serão iniciadas imediatamente após a emissão da Licença de Instalação e antecederão todas as ações definidas neste programa.
- LXVIII. A instalação de aceiros e cercas tem previsão de execução de um (01) mês.
- LXIX. A fiscalização espeleológica será diária durante o período de instalação e na fase de operação assistida, no trecho das cavernas de São Félix do Coribe.
- LXX. A emissão de relatórios deverá ser mensal, com consolidações semestrais até o final da operação assistida. Após esta fase, estes deverão ser emitidos com frequência semestral.

Quadro 1.7 - Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico: Cronograma de acompanhamento.

	Ano (Meses)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Revalidação dos vértices da UPE em campo												
Sinalização para as obras												
Instalação dos aceiros												
Instalação das cercas e placas												
Manutenção dos aceiros*												
Emissão de relatórios *												

* As ações de manutenção de aceiros e relatórios terão caráter permanente, com a frequência apresentada.

1.11. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>, Acessado em: 08/03/2011

_____. IBAMA. Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União, Seção I, nº 117, p. 11844, 1990.

_____. ICMBIO. CECAV. III curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Brasília-DF, 195p. 2011. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>, Acessado em: 09/12/2011.

_____. Presidência da República. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.

_____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da República Casa Civil. Diário Oficial da União de 10 de novembro de 2008.

_____. Presidência da República. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Presidência da República Casa Civil. Diário Oficial de 19/07/2000.

_____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da República Casa Civil. Diário da União de 28/05/2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 002, de 20 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 030, de 19 de setembro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2012.

MEDIDAS MITIGADORAS

2. PROGRAMA DE MITIGAÇÃO PARA O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

2.1. INTRODUÇÃO

- I. Este programa visa determinar e delimitar ações para redução da intensidade ou quantidade dos danos imputados ao patrimônio espeleológico devido à instalação e operação da FIOL.

2.2. JUSTIFICATIVA

- II. Em consonância aos princípios do direito ambiental, que visam proporcionar às presentes e futuras gerações garantias de preservação da qualidade de vida, de acordo com a ideia de desenvolvimento sustentável, empreendimentos modificadores do meio ambiente devem adotar medidas que atenuem os efeitos negativos derivados de sua implantação.
- III. Apesar do elevado número, tais efeitos são geralmente previsíveis e, quando tomadas às devidas precauções, podem ser evitados ou amortizados.
- IV. Bem como a todo meio natural, parcela significativa da gama de impactos negativos decorrentes da instalação e operação ferroviária é incidente também sobre o patrimônio espeleológico, devendo este, portanto, ser alvo de programas específicos de mitigação de passivos.

2.3. OBJETIVO

- V. Resguardar a integridade do patrimônio espeleológico do Lote 06 buscando manter as condições de preservação das cavernas e de suas áreas de influência.

2.4. METAS E INDICADORES

Metas

- VI. Eliminar ou, quando impossível, reduzir os impactos negativos sobre o patrimônio espeleológico decorrentes da instalação e operação da FIOI.
- VII. Fiscalizar e acompanhar a instalação e operação da ferrovia para garantir a execução de todas as medidas mitigadoras prevista no PBA da FIOI e nas normas ambientais da VALEC.

Indicadores

- VIII. Número de ocorrências de impactos considerados elimináveis, sobre o patrimônio espeleológico;
- IX. Número de ocorrência de impactos não elimináveis, com danos maiores que os previstos, sobre o patrimônio espeleológico.
- X. Número de não conformidades sobre o patrimônio espeleológico (em relação aos impactos negativos elimináveis e/ou mitigáveis) não evitados e/ou mitigados durante a instalação ou operação da FIOI.

Quadro 2.1 - Medidas de mitigação de impactos sobre o patrimônio espeleológico.

Medidas mitigadoras	Objetivo específico	Cumprimento	Data

2.5. ASPECTOS LEGAIS

- XI. Os aspectos legais já foram abordados nos Subprogramas de:
 - 1. Monitoramento e Controle de Ruídos e Vibrações, VOLUME 5 – MEDIDAS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DA QUALIDADE AMBIENTAL: Plano Ambiental de Construção, no Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental;
 - 2. Controle da Extração de Materiais de Construção, VOLUME 3 – MEDIDAS MITIGADORAS: Plano Ambiental de Construção, no Programa de Controle da Poluição e da Degradação Ambiental na Construção;
 - 3. Controle de Compromissos Ambientais, VOLUME 5 – MEDIDAS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DA QUALIDADE AMBIENTAL: Plano Ambiental de Construção, no Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental.

2.6. IMPACTOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

- XII. Deverá haver dois fiscais de contrato que acompanharão, em tempo integral, as obras de instalação da FIOL, com o dever de analisar e notificar preventivamente as empreiteiras contratadas quanto a desconformidades no processo construtivo com potencial risco de impacto às cavidades presente nas unidades de proteção espeleológica. Os fiscais deverão agir sempre por meio de notificações formais, datadas e com prazo para o cumprimento, bem como lavrar autuações (com multas baseadas em previsão contratual), caso as desconformidades, objeto das notificações, não sejam devidamente reparadas no tempo estipulado.
- XIII. Deverá ser incluso no Programa de Comunicação Social para os Trabalhadores e Prestadores de Serviço informações sobre a ocorrência de cavernas na área, a importância de sua preservação e os cuidados a serem adotados com as obras nos trechos de ocorrências de cavernas. O mesmo deverá ocorrer com os trabalhadores que instalarão e realizarão a manutenção dos aceiros e cercas.

2.6.1. MEDIDAS MITIGADORAS PARA O RESGUARDO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

- **Contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas por esgotos, óleos e graxas e Risco de poluição dos solos e das águas superficiais e subterrâneas devido à disposição inadequada de lixo.**
- XIV. As zonas cársticas são áreas naturais de recarga de aquíferos. A grande quantidade de fraturas espaçadas e intercomunicadas faz destas áreas um acesso direto ao lençol freático e ao rio logo abaixo. A disposição inadequada de esgoto e/ou lixo, ou a utilização sem os devidos cuidados de óleos e graxas, podem representar danos imediatos, com proporções irreversíveis aos aquíferos limítrofes ao empreendimento. Em função desta fragilidade, os subprogramas Proteção de Mananciais Contra Cargas Perigosas, Gerenciamento de Resíduos e Monitoramento e Controle da Qualidade da Água, preveem ações que devem ser adotadas para a região de interesse.
- XV. As ações descritas nos respectivos subprogramas versam sobre o gerenciamento de efluentes sólidos e líquidos, criação e manutenção de sistemas integrados de fiscalização e detalhamento de áreas de

vulnerabilidade. Estas ações são previstas para toda a extensão da FIOLE e terão uma fiscalização especial na área dos cavernamentos.

➤ **Obras de terraplanagem: compactação dos solos, instabilidade estrutural, erosão, assoreamento e sistemas de drenagem.**

- XVI. Outro importante fator que pode impactar as cavernas é o escorregamento de material superficial inconsolidado, principalmente proveniente dos aterros e áreas de terraplanagem. Existem planos de ação específicos da VALEC, previstos neste PBA, com metas próprias para mitigar e monitorar tal impacto. Como este impacto potencialmente afeta toda ferrovia, suas ações são de amplo espectro, elaboradas para atender todas as demandas ambientais, incluindo-se o patrimônio espeleológico. Em função da especial fragilidade das cavidades, entretanto, algumas ações serão discriminadas nesta área.
- XVII. Em linhas férreas, as bermas e aterros levantados para manutenção altimétrica da via atuam como calhas da drenagem superficial que, ao possuírem menor densidade vegetal, têm maior probabilidade de sofrerem efeitos erosivos.
- XVIII. A mudança do uso dos solos em áreas onde há cavernas como drenagens subterrâneas (sumidouros) pode gerar consequências como carreamento de sedimentos para seu interior alterando, de forma geral, a ecologia dos sistemas subterrâneos (aporte de matéria orgânica, substâncias perigosas sedimentadas no lodo, etc.).
- XIX. Os subprogramas Proteção Contra Erosão, Plantio Paisagístico e Recuperação de Áreas Degradadas já preveem ações que garantam o controle das águas superficiais e profundas visando evitar os processos erosivos, de assoreamento e de instabilidade estrutural. Parte destas ações já estão contempladas no projeto executivo – ações preventivas – (Anexos 4.2., 4.3. e 4.4.), existindo a possibilidade de intervenções durante as fases de instalação e de operação da ferrovia, caso seja necessário.
- XX. Deste modo, deverá ser realizado o mapeamento das áreas de maior fragilidade estrutural e de maior potencial de escorregamento de solos superficiais na região das cavidades. Tais áreas serão identificadas e demarcadas na fase de pré-instalação (Marco Zero) e monitoradas de forma

intensiva durante a fase de instalação (momento em que serão realizadas as ações de terraplanagem e aterro).

- XXI. Para prevenção deste impacto, a construção nos trechos detentores de cavernas será instalada estritamente no período da seca, com recomposição vegetal iniciada em período máximo de um mês após a conclusão das obras nas regiões com cavernamentos e lindeiras às unidades de proteção espeleológica estabelecidas.
 - XXII. Entendendo as cavidades naturais subterrâneas como parte de um sistema geodinâmico, não há de se falar na implantação imediata de barreiras de contenção nas áreas cársticas de interesse do empreendimento, o que poderia gerar mais impactos em si do que a própria instalação dos aterros. Portanto, durante as atividades de instalação, deverão ser utilizadas barricadas de cimento, sacos de areia ou similares a serem dispostas *in situ* apenas caso seja identificada a necessidade de intervenção.
 - XXIII. Informações sobre a terraplanagem seguem em anexo no documento denominado “Projeto Executivo de Terraplanagem” – anexo 4.2.
 - XXIV. O mesmo se aplica à elaboração e instalação dos sistemas de drenagem superficiais. Estes devem ser planejados de modo a não conduzir os fluxos acumulados para o interior de cavidades naturais subterrâneas, correndo o risco de assoreamento das mesmas.
 - XXV. Os fiscais de contrato de espeleologia deverão, durante a fase de instalação e pré-operação, fazer o acompanhamento diário das demarcações de instabilidade sinalizadas no Marco Zero (fragilidade estrutural, desmonte de taludes e escorregamento de solos), de forma a garantir que não ocorram os impactos acima citados.
- **Risco de contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas devido a acidentes com cargas perigosas**
- XXVI. Ressaltando-se o uso de áreas cársticas como áreas de recarga de aquíferos, os possíveis riscos de descarrilamento de trens carregados com produtos perigosos (tóxicos, explosivos ou contaminantes) podem afetar diretamente mananciais hídricos.
 - XXVII. Os subprogramas Proteção de Mananciais Contra Cargas Perigosas, Gerenciamento de Resíduos, Monitoramento e Controle de Qualidade da

Água e Resposta a Emergência e Plano de Contingência, preveem entre outras ações de mitigação, o detalhamento da execução de soluções para acidentes com cargas perigosas, com planos de contingência apropriados e o gerenciamento de efluentes líquidos e sólidos. Para tais impactos, a fiscalização do estrito cumprimento dessas ações é suficiente para mitigá-los.

➤ **Atividades de desmatamento e limpeza da área**

- XXVIII. A retirada da flora nativa e substituição por espécies exóticas, durante a instalação de empreendimentos, pode causar impactos negativos a espécies de fauna silvestre que co-evoluíram localmente junto à vegetação. Tais impactos são advindos principalmente pela redução da área de vida e consequente perda de área de forrageio.
- XXIX. Em áreas com presença de cavernas, o desmatamento nos arredores de cavernas pode provocar alterações do fluxo de energia advindo da biomassa de origem externa.
- XXX. Previsto no PBA da FIOL, o Subprograma de minimização de desmatamentos (item 3.4.) prevê diretrizes para que a supressão da vegetação seja restrita à limpeza de terrenos e à área útil da ferrovia, mitigando impactos inerentes ao empreendimento sobre o meio ambiente.
- XXXI. Para resguardar a integridade deste patrimônio, buscando-se manter as condições de preservação das cavernas e de suas áreas de influência, a recomposição e cobertura de áreas degradadas deverão ser realizadas com espécies nativas típicas da fitofisionomia a ser restaurada, promotoras de sucessão ecológica, devendo-se evitar espécies exóticas agressivas, como previsto na Norma Ambiental VALEC nº 3 (VALEC, 2010b).
- XXXII. Os solos orgânicos oriundos da operação de limpeza do terreno deverão, obrigatoriamente, ser removidos e estocados para posterior utilização na recuperação ambiental das áreas degradadas pelas obras. Estes deverão ser estocados de modo a evitar o carregamento de material pelas águas pluviais ou fluviais e, principalmente, dispostos em locais que, eventualmente caso isso ocorra, não sejam direcionados a cavidades.

➤ **Obras de arte e Sistemas de drenagens**

- XXXIII. Atualmente, não existem obras de arte expressivas na região das cavernas conhecidas, além dos dissipadores de energia dos sistemas de drenagem.
- XXXIV. Estes sistemas estão projetados para que não haja quaisquer interferências a cavidades naturais subterrâneas e constam no Anexo 4.3.
- XXXV. Caso seja necessária a instalação de obras de arte emergenciais, estas deverão ser precedidas de autorização prévia e regularização ambiental visando a preservação das cavernas.

➤ **Vibrações**

- XXXVI. Vibrações são fontes de possíveis danos permanentes a estruturas cársticas. Nesta situação, considera-se a avaliação das vibrações limites como o estado último de resistência das estruturas.
- XXXVII. Durante a fase de instalação e operação da FIOLE, serão geradas vibrações derivadas da operação de maquinário externo (a exemplo de rolos-compressores, caminhões, tratores, etc.) e do trânsito dos trens.
- XXXVIII. A amplitude de variação do binômio frequência – velocidade de propagação de partículas emitido pelo maquinário externo que não cause impactos às cavernas, deverá obrigatoriamente levar em consideração os parâmetros de carga, velocidade de trânsito e frequência de passagem e será estipulada durante a fase de Marco Zero, estipulando, em relatório final de execução desta fase, valores de frequência e velocidade de partícula para tais atividades. Em tais estudos, serão utilizados os mesmos parâmetros e metodologia detalhados na Nota Técnica nº 9/2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC.
- XXXIX. Tendo em vista que o projeto da implantação da FIOLE na Variante São Félix do Coribe está toda em aterro (não havendo nesta área cortes ou desmonte de blocos), que a máxima profundidade que os efeitos de vibração dos equipamentos de terraplenagem podem produzir é inferior a 2m de profundidade e sabendo que os aterros projetados nesta região têm altura superior a 2m, conclui-se que tais efeitos tendem a se atenuar em relação à superfície do terreno natural.

- XL. Tanto para instalação quanto para operação, estudos específicos definem a capacidade máxima do binômio frequência – velocidade de propagação de partículas. A análise crítica da norma internacional ISO 4866 (1990), da norma alemã DIN 4150-3/1999 e da norma suíça SN 640312 (1978), delimita frequências geradas por ferrovias e os tipos de estruturas susceptíveis a impactos segundo as específicas classes de frequência e velocidade de partícula (Tabela 1).

Tabela 2.1 - Intervalo máximo de ressonância para estruturas frágeis segundo as normas internacionais DIN 4150-3/1999 (alemã) e SN 640312 a/1978 (suíça).

Estruturas	Frequência(Hz)	Velocidade de partícula pico (mm/s)
Estruturas de grande valor intrínseco ou de singular fragilidade como: monumentos históricos, estruturas delicadas, túneis, galerias sem revestimento e cavernas.	1 a 10	3 a 5
	10 a 30	8 a 12
	30 a 60	8 a 18
	60 a 100	8 a 18

- XLI. Não podendo ser completamente eliminadas, as vibrações devem ser consideradas como impacto mitigável, devendo o empreendimento trabalhar estritamente dentro dos intervalos de segurança estrutural nas regiões cársticas.
- XLII. Durante a elaboração do projeto de engenharia, foram aplicadas adequações pertinentes ao método construtivo que visam à diminuição de impactos gerados por vibrações.

- **Velocidade máxima de operação**
Trem carregado = 60 KM/H
Trem vazio = 80 KM/H
- **Especificações dos trilhos**
UIC-60 soldados eletricamente, conforme especificação VALEC nº 80-ES-035A-56-8005
- **Peso máximo de carga**
32 TB
- **Tipo de locomotiva**

GE D15H9 – Potência de 4253 HP C=21,548M Peso = 180 ton.
(6 eixos)

- **Composição (vagões)**

GDT (MINÉRIO) – TBR = 20664 ton. _ 4 LOCOMOTIVAS _ 168
VAGÕES

FLT/GPT (CARGA) – TBR=9915 ton. _ 2 LOCOMOTIVAS _ 84
VAGÕES

HFT (GRÃO) – TBR=10332 ton. _ 2 LOCOMOTIVAS _ 84
VAGÕES

- **Peso do vagão carregado**

GDT (MINÉRIO) – 130 TON – 4 EIXOS

FLT/GPT (CARGA) – 120 TON – 4 EIXOS

HFT (GRÃO) – 125 TON – 4 EIXOS

- **Parâmetros condicionantes do projeto**

Bitola da via - 1.600mm para bitola simples e, para bitola mista,
1.600 e 1.000 mm;

Raio mínimo - 343,823 m;

Rampa compensada - 0,6:1,00% no sentido exportação e 1:45%
no sentido importação;

Junta mecânica, constituída de tala, parafuso porca e arruela,
conforme especificações VALEC nº 80-EM-043A-58-8020 e 80-
EM-046A-58-8017, respectivamente, a ser usada
transitoriamente na montagem da grade, e nos AMVs de forma
definitiva;

Fixação por grampo elástico - especificação VALEC nº 80-EM-
044A-58-8015;

Palmilha amortecedora - especificação VALEC nº 80-EM-030A-
58-8016;

Calço isolador - especificação VALEC nº 80-EM-030A-58-8012

Lastro com pedra britada bitolada, com altura sob os dormentes e
ombros como definido no projeto;

Dormente monobloco de concreto protendido Valec nº 80-EM-
031A-58-8014 - Resistência do Concreto à Compressão - O
concreto deve apresentar uma resistência característica à

compressão, aos 28 dias, de 45 Mpa, de acordo com a norma NBR 6118, da ABNT, obtida em corpos de prova cilíndricos.

- XLIII. Os intervalos de segurança serão determinados pela VALEC através de ensaios reais, a fim de estabelecer velocidade, peso e composição limites nestas regiões, a ser utilizado durante a operação da FIOLE. Estes ensaios serão realizados em ferrovias já instaladas, durante o Subprograma de Monitoramento para Avaliação de Vibrações, na fase de Marco Zero. Após os ensaios adequações, se verificada a necessidade, serão realizadas as adequações que garantam permanência dos níveis de vibração dentro dos intervalos de segurança.
- XLIV. Ainda na fase de Marco Zero (etapa do monitoramento), será confeccionada cartografia básica integrando a planialtimetria do terreno, as estruturas previstas no plano executivo e a planialtimetria das cavernas. Essas informações somadas às características do solo e cobertura vegetal serão utilizadas na definição de Mapa de Fragilidade. Este mapa será utilizado, entre outros, para demarcação de áreas com potencial fluxo de massa e restrição de acesso de pessoas e máquinas.
- XLV. Durante a instalação, obedecendo ao mapa de fragilidade, serão observados os locais críticos à passagem de maquinário pesado, que possam passar por cima ou próximo a cavidades naturais subterrâneas. Nesta porção do empreendimento, os procedimentos de instalação da ferrovia serão restritos a sua faixa de domínio, com pistas de acesso instaladas no lado contrário à posição das cavernas.
- XLVI. Adicionalmente, será monitorada a vibração (frequência e a velocidade de propagação de ondas) durante a instalação e operação da FIOLE em regiões cársticas e, especificamente, nas cavernas presentes na área do empreendimento (cujo detalhamento se encontra no Programa de Monitoramento do Patrimônio Espeleológico).
- XLVII. Esta parcela do presente programa tem inter-relação com os seguintes programas e subprogramas ambientais:
1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção
 2. Subprograma de Controle da Instalação e Operação de Canteiros
 3. Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais
 4. Subprograma de Rotinas de Monitoramento de Obra

5. Subprograma de Monitoramento e Controle de Ruídos e Vibrações
6. Subprograma Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas.

➤ **Fiscalização de extração de materiais de construção de áreas cársticas**

- XLVIII. Entre os agregados utilizados na instalação da ferrovia, tem-se a brita carbonática. Considerando-se a grande disponibilidade de carbonatos em alguns municípios transpassados pela FIOL, com identificação de cavernas impactadas pela retirada irregular de blocos, salienta-se a obrigatoriedade de tomada/compra de agregados de áreas cársticas rigorosamente licenciadas e que estejam cumprindo a legislação ambiental pertinente, o Decreto nº 99.556/1990.
- XLIX. Para tal, será verificada a origem dos agregados de construção adquiridos, com atenção àqueles oriundos de áreas cársticas, para garantir que tenham proveniência de fornecedores licenciados.
- L. Será fiscalizada a aplicação criteriosamente a Norma Ambiental da VALEC nº 06/2010 – Extração de materiais para construção.
- LI. Não haverá áreas de empréstimo ou de aquisição de material localizadas em região de ocorrência de cavernas (Anexo 4.5.). Se verificada a necessidade de seu estabelecimento em regiões com potencial espeleológico, estas áreas deverão ser prospectadas previamente a seu uso, para verificação da existência de cavernas;

Tabela 2.2 - Distância entre cavidades conhecidas no Lote 06 da FIOL e as jazidas/pedreiras mais próximas.

Cavidade	Jazidas/Pedreiras	Distância (km)
PEA 0343	FERLIG F-6	3,21
PEA 0342	MOCAMBO F-1	3,53
PEA 0341	MOCAMBO F-1	3,4
PEA 0380	CARUARU F-03	23,1
PEA 0379	CARUARU F-03	23,14
PEA 0383	CARUARU F-03	23,2
PEA 0382	CARUARU F-03	23,18
PEA 0378	CARUARU F-03	23, 55
PEA 0381	CARUARU F-03	23, 92
PEA 0377	CARUARU F-03	23, 94

LII. Esta parcela do presente programa tem inter-relação com os seguintes programas e subprogramas ambientais:

1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção
2. Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais
3. Subprograma de Rotinas de Monitoramento de Obra
4. Subprograma de Controle da Extração de Materiais de Construção
5. Subprograma Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas

➤ **Área de influência das cavernas**

LIII. Em observância aos critérios de rotina de monitoramento de obra e de controle de compromissos ambientais, deverão ser conservados, a medida do possível, os remanescentes florestais em regiões com ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, mesmo que suas áreas de influência não sejam interceptadas pelas obras da FIOLE.

LIV. Nos limites da Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix, bem como em outras que possam vir a ser instituídas, será realizada a demarcação das áreas lindeiras com a faixa de domínio da ferrovia, através do cercamento com fitas zebradas de toda área a ser desmatada, buscando manter a menor aproximação possível às cavernas.

LV. Será realizada a recomposição vegetacional de todas as áreas desmatadas que guardem proximidade das regiões das cavernas e que não possuam previsão de uso após a fase de instalação.

LVI. Esta parcela do presente programa tem inter-relação com os seguintes programas e subprogramas ambientais:

1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção
2. Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais
3. Subprograma de Rotinas de Monitoramento de Obra
4. Subprograma de Recuperação de Áreas Degradadas
5. Subprograma Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas

2.7. RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

LVII. **VALEC.** Na qualidade de empreendedor e responsável pela execução das obras, a VALEC é o órgão contratante e principal fiscal da aplicação deste

programa. A VALEC poderá contratar consultores e/ou terceirizados para serviços especializados, de supervisão e de apoio, visando à boa execução dos serviços nele previstos.

LVIII. **Empresas contratadas.** A empresa de consultoria ambiental contratada deverá realizar os estudos e análises relativas aos impactos gerados sobre o patrimônio espeleológico e fiscalizar que os resultados esperados sejam alcançados. Também é de responsabilidade desta a elaboração dos relatórios de acompanhamento. A Construtora contratada deverá realizar, para todas as áreas de empréstimo de material localizadas próximas as regiões de ocorrências de cavernas, investigação prévia da existência de cavidades nas áreas a serem exploradas, submetendo os resultados a VALEC para anuência. A construtora e supervisora de obra deverão adotar durante as obras todas as medidas propostas no Plano Básico Ambiental.

LIX. **IBAMA.** O IBAMA é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela fiscalização do atendimento das condições estabelecidas nas licenças concedidas e suas renovações.

2.8. RECURSOS

LX. Os recursos para as atividades de mitigação de impactos sobre o patrimônio espeleológico relativos a *vibrações* estão discriminados no Subprograma de Monitoramento da Paisagem Associada ao Patrimônio Espeleológico.

LXI. Para os recursos relativos às ações de *extração de materiais de construção de áreas cársticas*, são apresentados os quadros 2.2 e 2.3, abaixo.

Quadro 2.2 - Recursos para as ações de fiscalização de extração de materiais de construção de áreas cársticas: Estimativa de recursos humanos.

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Coordenador do programa de medidas compensatória do patrimônio espeleológico (espeleólogo sênior)	H x mês	1	24	24
Geólogo sênior	H x mês	1	24	24
Fiscal para espeleologia	H x mês	2	24	48

Quadro 2.3 - Recursos para as ações de fiscalização de extração de materiais de construção de áreas cársticas: Estimativa de recursos materiais.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Veículo 4X4	Veíc. x mês	1	24	24
Computador portátil	Eq. x mês	3	24	72
GPS	Eq. x mês	3	24	72
Máquina fotográfica	Eq. x mês	3	24	72
Material de campo	Verba x mês	1	24	24
Material de escritório	Verba x mês	1	24	24

2.9. CRONOGRAMA

- LXII. Para efeito de cronograma, as ações de fiscalização com o intuito de mitigação de impactos deverão ser realizadas durante todo o período de instalação da FIOI.
- LXIII. O cronograma das atividades de mitigação de impactos sobre o patrimônio espeleológico relativos a *vibrações* estão discriminados no Subprograma de Monitoramento para Avaliação de Vibrações.
- LXIV. A ação de fiscalização quanto à tomada de material em áreas cársticas para uso da FIOI deverá ser precedida por visita técnica da equipe executora do PBA e de equipe espeleológica, durante as análises de viabilidade por parte da Construtora. Para tal, necessitará de tempo suficiente para inventariação espeleológica a depender do tamanho da área e um (01) mês para emissão de relatório conclusivo. Quando for compra de material, a Construtora deverá solicitar cópia da licença ambiental e de lavra da mineradora, com tempo hábil também de um (01) mês.
- LXV. A emissão de relatórios ao IBAMA deverá ser mensal até o final da operação assistida. Após esta fase, estes deverão ser emitidos com frequência semestral.

Quadro 2.4 - Programa Mitigação para o Patrimônio Espeleológico: Cronograma de acompanhamento.

	1º Ano												2º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Ações de fiscalização durante a fase de Marco Zero																								
Ações de fiscalização durante a fase de Instalação																								
Ações de fiscalização durante a fase de Operação Assistida																								
Ações de fiscalização durante a fase de Operação																								
Emissão de relatórios																								

Continuação do Quadro 2.4.

	3º Ano												4º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Ações de fiscalização durante a fase de Marco Zero																								
Ações de fiscalização durante a fase de Instalação																								
Ações de fiscalização durante a fase de Operação Assistida																								
Ações de fiscalização durante a fase de Operação																								
Emissão de relatórios																								

Continuação do Quadro 2.4.

	5º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Ações de fiscalização durante a fase de Marco Zero												
Ações de fiscalização durante a fase de Instalação												
Ações de fiscalização durante a fase de Operação Assistida												
Ações de fiscalização durante a fase de Operação												
Emissão de relatórios												

2.10. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopo básico/instruções de serviço. Rio de Janeiro: IPR/BRASIL. DNIT, 409p. 2006.

_____. IBAMA. Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União, Seção I, nº 117, p. 11844, 1990.

- _____. ICMBIO. CECAV. III curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Brasília-DF, 195p. 201. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>, Acessado em: 09/12/2011.
- _____. Presidência da República. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.
- _____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 002, de 20 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2009
- Gomes, J. J. Pós-ruídos e vibração. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. pp 187. 2010. Disponível em: <http://pessoal.utfpr.edu.br/jefersongomes/arquivo/POS-RUIDO%20E%20VIBRAÇOES.pdf>, acessado em: 09/12/2010.
- Konya, C. J. & Walter, E. J. (1990). "Surface Blast Design". Prentice-Hall, Inc.. New Jersey. E. U. A..
- Louro, A. F. F. C. (2009). "Novas formulações para leis de propagação de vibrações, em maciços rochosos, baseadas nas propriedades termodinâmicas dos explosivos". Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas, Instituto superior técnico, Universidade técnica de Lisboa, Portugal.
- Moutinho, C. M. R. Controle de Vibrações em Estruturas de Engenharia Civil. FUEP. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, Tese de Doutorado. p. 394. 2007.
- OIKOS. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das Obras de Implantação da Ferrovia Oeste-Leste – EF 334, entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA). Volume 3: Avaliação de Impactos Ambientais. Rio de Janeiro, 220p. 2009c.
- OIKOS. Inventário Espeleológico na Área Diretamente Afetada pela Ferrovia de Integração Oeste-Leste. Relatório Final. Brasília-DF, 137p. 2010.
- Sarsby, R. (2000). "Environmental Geotechnics". Thomas Telford, Londres. Reino Unido.
- VALEC. Norma Ambiental VALEC Nº 01. Qualidade Ambiental da Construção. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 23p. 2010a.
- _____. Norma Ambiental VALEC Nº 03. Cobertura vegetal para recuperação de áreas degradadas. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 23p. 2010b.
- _____. Norma Ambiental VALEC Nº 05. Instalação e operação de canteiro de obra. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 12p. 2010c.
- _____. Norma Ambiental VALEC Nº 06. Extração de materiais de construção. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 9p. 2010d.

_____. Norma Ambiental N° 23. Controle e monitoramento de ruídos e vibrações nas fases de instalação e de operação e em receptores críticos. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 21p. 2010e.

MEDIDAS DE MONITORAMENTO

3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA PAISAGEM ASSOCIADA AO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

3.1. SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÕES

3.1.1. JUSTIFICATIVA

- I. As implicações das vibrações sobre a saúde e incômodo humano e sobre estruturas prediais em superfície são largamente debatidos e pesquisados. Seus efeitos sobre estruturas subterrâneas como cavernas, entretanto, são mal compreendidos e carentes de estudos.
- II. Em atendimento à Resolução CONAMA 001/1986, que institui a necessidade de monitoramento dos impactos gerados por empreendimentos modificadores do meio ambiente, o presente documento se refere ao programa de acompanhamento e monitoramento dos efeitos da vibração causados pela FIOL sobre o patrimônio espeleológico.

3.1.2. OBJETIVOS

3.1.2.1 OBJETIVO GERAL

- III. O objetivo deste subprograma é monitorar o comportamento das vibrações sobre o patrimônio espeleológico afeto ao processo de licenciamento da FIOL, nas fases de pré-instalação, instalação e operação.
- IV. Considerando o patrimônio já identificado, as ações de monitoramento estarão restritas às 09 cavidades caracterizadas no Lote 06, a saber: PEA 0341, PEA 0342 (potencialmente impactada), PEA 0343 (potencialmente impactada), PEA 0377, PEA 0378 (potencialmente impactada), PEA 0379, PEA 0380, PEA 0381 e PEA 383. A gruta PEA 382 não apresenta elementos que justifiquem o monitoramento, classificada como de *baixa relevância*, esta caverna não será alvo de impacto negativo e de monitoramento.
- V. Gerar conhecimento e parâmetros de comportamento de vibrações e impactos decorrentes da instalação e operação ferroviária, com ênfase às estruturas espeleológicas.

3.1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- VI. Documentar o efeito das vibrações em decorrência da instalação e operação da FIOLE sobre terrenos cársticos dotados de cavernamentos.
- VII. Gerar conhecimento e parâmetros de comportamento de vibrações e impactos decorrentes da instalação e operação ferroviária em áreas cársticas e não-cársticas, com ênfase às estruturas espeleológicas.
- VIII. Levantar dados sismológicos prévios à instalação da FIOLE, nas áreas alvo a fim de estabelecimento de “marco zero”.
- IX. Realizar monitoramento populacional da fauna cavernícola a fim de avaliar a correlação de seus resultados aos dados de vibração obtidos. Esta atividade será realizada em conjunto ao Subprograma de Resgate Espeleológico, com continuidade condicionada à avaliação dos primeiros resultados, de acordo com a aprovação do IBAMA.
- X. Documentar as vibrações decorrentes da rodovia já instalada BR-135 (coincidente com a BA-172), circunvizinha à FIOLE no trecho cárstico de São Félix do Coribe-BA, discutindo a existência de incremento entre as respectivas emissões.

3.1.3. METAS E INDICADORES

Metas

- XI. Estabelecer marco zero do nível de vibrações e impactos observados em período anterior à instalação da FIOLE.
- XII. Avaliar a existência de impactos gerados pela FIOLE sobre o patrimônio espeleológico (físico e biótico) nas fases de instalação e operação.
- XIII. Gerar dados para estipulação de parâmetros de vibração em áreas cársticas – com ênfase sobre o patrimônio espeleológico – e não-cársticas, devido à instalação e operação ferroviárias.

Indicadores

- XIV. Valores de vibração “naturais” dos maciços, da rodovia BR-135 e cavidades naturais subterrâneas (afetas ao processo de licenciamento) prévio à instalação da FIOLE.

- XV. Variação dos valores obtidos no monitoramento dos pontos de medição e de estruturas frágeis pertinentes ao patrimônio espeleológico, ao longo das fases de instalação e operação.
- XVI. Número de registros de impactos sobre o meio físico durante as fases de instalação, operação assistida e primeiro ano de operação, com elaboração de relatórios simplificados com periodicidade mensal e consolidação em relatórios semestrais.
- XVII. Número de registros de impactos sobre o meio biótico, decorrente de vibrações ferroviárias, com elaboração de relatórios simplificados cuja periodicidade é mensal e consolidação em relatórios semestrais, enquanto for observada a necessidade, definida em comum acordo com o IBAMA.
- XVIII. Variação dos parâmetros de vibração e impactos (físicos e biológicos) ao longo das fases de instalação e operação da FIOLE – quadros 3.1.1 e 3.1.2. Com entrega de relatório após todas as etapas de monitoramento.

Quadro 3.1.1 - Dados de monitoramento de impactos sobre o patrimônio espeleológico – sensores de vibração.

Resumo das medições de vibração (sensores)					
Ponto	Nível de vibração pré-existente	Previsão de alteração	Limites de referência	Nível de vibração observado	Impacto gerado

Quadro 3.1.2 - Dados de monitoramento de impactos sobre o patrimônio espeleológico – aparelhos de medição.

Resumo dos indicadores de impacto					
Ponto	Posição inicial	Posição final	Discrepância entre posições	Impacto gerado	Fotografias

3.1.4. ASPECTOS LEGAIS

- XIX. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de Outubro de 1988.
- XX. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990.
- XXI. Decreto nº 6.640, de 07 de Novembro de 2008.
- XXII. Instrução Normativa IBAMA nº 146, de 10 de Janeiro de 2007.
- XXIII. Instrução Normativa MMA nº 002, de 20 de Agosto de 2009.
- XXIV. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de Janeiro de 1986.
- XXV. Portaria IBAMA nº 887, de 15 de Julho de 1990.

3.1.5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

XXVI. As ações aqui descritas visam o monitoramento espeleológico do Lote 06 da FIOL. Caso novas cavidades sejam descobertas em outros trechos da ferrovia, estas deverão receber tratamento análogo ao previsto neste Subprograma de Monitoramento.

Marco zero

XXVII. A fase de Marco Zero contempla a coleta de informações para determinar as interferências pré-existentes à instalação da FIOL, possibilitando, desta forma, a criação de dados de referência.

XXVIII. A definição da locação dos sensores de vibração em campo será realizada considerando as áreas de interesse de ocorrência de cavernas (São Félix do Coribe/BA e Santa Maria da Vitória/BA) e o mapeamento geológico estrutural realizado.

XXIX. Complementarmente, será monitorada outra área cárstica (Serra do Ramalho/BA) e uma não-cárstica (Caetité/BA, em áreas com exposição do maciço cristalino), ambas sem cavernamentos identificados. Estas áreas foram selecionadas com o objetivo de subsidiar a compreensão do comportamento da vibração gerada pela instalação e operação da ferrovia em diferentes terrenos.

XXX. Os aparelhos para medição de vibrações serão instalados nas regiões próximas ao local do futuro eixo da estrada de ferro, em pontos-chaves da área de influência direta (determinados no mapeamento geoestrutural) e nas 09 cavernas concernentes ao licenciamento ambiental da FIOL.

XXXI. Deste modo, cada trecho de interesse a ser monitorado possuirá sensores de medição de vibração instalados à margem do eixo do traçado, avaliando as vibrações emitidas em várias distâncias ao largo de 250m de cada lado da linha férrea. Este arranjo de sensores poderá ser deslocado para qualquer das áreas de interesse, após o período necessário à obtenção dos dados. O total de linhas de sensores a serem instalados por trecho será quantificado a partir do mapeamento geológico-geoestrutural regional.

XXXII. Também serão instalados sensores à meia distância da ferrovia e de cada conjunto de grutas, bem como no interior ou próximo às 09 cavernas a serem

monitoradas, estes instalados de maneira permanente, não devendo ser realocados até o final do monitoramento.

- XXXIII. Nas áreas onde não foram identificados cavernamentos, os sensores serão posicionados em locais onde haja estruturas de interesse geoestrutural.
- XXXIV. Para definição das características de emissão de vibrações (frequência e velocidade de partículas pico) de ferrovias será realizado no Marco Zero, estudo específico com medições in loco em ferrovias que já se encontrem em operação e possuam características comparáveis a FIOL. A definição destas áreas será apresentada após negociação com as concessionárias das regiões de interesse.
- XXXV. Os instrumentos (sensores) utilizados para monitorar as vibrações consistirão, a princípio, de sismômetros e/ou acelerômetros digitais, devendo ser mais bem especificado junto à empresa especialista subcontratada.
- XXXVI. Os sensores instalados à margem do eixo deverão ser reaproveitados em cada nova área a ser investigada. O total de sensores deverá ser definido após a caracterização do melhor arranjo e custo-benefício.
- XXXVII. Adicionalmente, deverão ser instalados pinos de medição cravados nos maciços rochosos que contenham cavernas, em posições estratégicas, visando à medição sistemática de possíveis movimentações do maciço. Para tal, o sistema de monitoramento constará da implantação de um marco topográfico localizado próximo à boca da caverna, e aferição da distância entre esta base (instalada no exterior) e os pinos, utilizando-se de uma estação total. Poderão ser criadas, caso necessário, bases topográficas auxiliares. O posicionamento e a quantidade de pinos e pontos a serem medidos deverão ser definidos durante inspeção de campo. A empresa executora poderá propor metodologia outra que atinja os mesmos resultados.
- XXXVIII. Deverá ser efetuado registro fotográfico periódico de locais que apresentem possível instabilidade geológica ou de composições frágeis (principalmente de espeleotemas), a fim de aferir alterações estruturais decorrentes da instalação da FIOL.

- XXXIX. Visando o monitoramento das discontinuidades geológicas (fraturas, diaclases, acamamentos, reativação de falhamentos), poderão ser incluídos novos pinos de aferição ou outros instrumentos de medição (como escalas, fitas métricas, paquímetros, micrometros, etc.).
- XL. A contratada poderá subcontratar serviços específicos, desde que justificados pela sua especificidade, sendo de sua integral responsabilidade orientar tecnicamente a subcontratada, fiscalizar o andamento dos trabalhos e avaliar tecnicamente os resultados obtidos, promovendo, se necessário, melhorias, às suas custas, para que os objetivos dos trabalhos sejam efetivamente alcançados.
- XLI. A empresa subcontratada deverá subordinar-se integralmente a Contratada que deverá arquivar todos os documentos para eventuais ações de fiscalização.
- XLII. Para o estabelecimento dos dados biológicos prévios à instalação serão considerados os levantamentos realizados durante o inventário faunístico do EIA da FIOLE, dos estudos de caracterização das cavernas, acrescidos de uma campanha de Monitoramento de Biologia Subterrânea, ainda durante a fase de Marco Zero.
- XLIII. Visando a minimização de impacto sobre as populações cavernícolas esta campanha de Monitoramento de Biologia Subterrânea possuirá a seguinte metodologia:
- a. Deverão ser requisitadas junto ao IBAMA as autorizações para captura, coleta e transporte de material biológico, precedentemente às campanhas de campo.
 - b. Deverá ser realizada a coleta de invertebrados em quadrículas amostrais de dimensões e quantidade a serem determinadas em relação à extensão das cavidades em estudo.
 - c. Tais parcelas deverão ser demarcadas com cordões – mantidos na caverna durante todo o período do estudo –, demarcados preferencialmente em áreas de maior concentração de organismos.
 - d. A coleta dará especial atenção a micro-habitats tais como debaixo de troncos e rochas, além de outros acúmulos de

matéria orgânica, e será realizada manualmente, com auxílio de pinças, pincéis e puçás.

- e. Durante a coleta devem ser capturados testemunhos de cada espécie (no máximo três exemplares), sendo que os demais indivíduos serão apenas contabilizados. Este método será aplicado para minimizar os impactos sofridos pela comunidade de invertebrados, não devendo haver captura/coleta de vertebrados.
- f. Para a realização de observações de monitoramento continuadas e comparáveis, as campanhas de campo deverão ser concebidas em estágio anterior ao início das obras (fase de Marco Zero) e as demais com espaçamento semestral.

XLIV. A empresa executora poderá propor metodologia outra que atinja os mesmos resultados, tendo em vista a diminuição dos impactos gerados e a possibilidade de comparação com estudos considerados por Marco Zero.

XLV. Todas as idas a campo deverão ser sucedidas de triagem e classificação taxonômica dos indivíduos coletados, em laboratório.

Fase de instalação

XLVI. Levando em consideração as cavidades e suas áreas de influência, e baseado no mapa de fragilidade confeccionado no Marco Zero, deverá ser demarcada toda área de obras com limites de movimentação de maquinário. Este mapa deverá considerar a distância dos condutos e o grau de preservação das matas da área de influência das cavernas.

XLVII. O monitoramento de vibrações durante a instalação da FIOL deverá ser ininterrupto, ao longo de toda esta fase.

XLVIII. Para a região das cavernas no Lote 06 serão analisados os dados de vibração provenientes dos serviços de terraplanagens, tráfego de veículos e outras atividades. Para as demais áreas que porventura vierem a apresentar cavidades deverá ainda ser considerada a necessidade de analisar as vibrações provenientes dos serviços de decapeamento do solo, escavações e detonações.

- a. As atividades de maquinário externo possuem intervalo de frequência e velocidade pico de partículas (VPP) muito próximas

às observadas para a ferrovia, conforme demonstrado pela ISO 4866/1990 (apresentada na NOTA TÉCNICA nº 09/2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC - Anexo 4.6).

- b. No caso das cavidades conhecidas para o Lote 06, já são previstas no método construtivo ações que mitiguem os impactos provenientes destas atividades, apresentadas no Anexo 4.2.
- c. Contudo, mesmo que sejam observadas vibrações próximas aos intervalos críticos para cavernas, devido à grande facilidade de adaptação dos veículos, serão tomadas as precauções necessárias, como controle de velocidade de tráfego, alteração de maquinário, etc.

- XLIX. Para a região específica de São Felix do Coribe, em especial nas proximidades da caverna PEA-0383, não consta em projeto nenhuma detonação ou atividade de desmonte de rocha.
- L. O monitoramento consistirá na contínua obtenção de dados advindos dos aparelhos de controle de alterações e dos sensores de vibração (no interior das cavernas; à meia distância entre as cavernas e o eixo; e nas linhas de teste de 250m), todos previamente instalados na etapa de Marco Zero.
- LI. As áreas críticas, delimitadas na cartografia de fluxo de massas, serão monitoradas durante todos os trabalhos de instalação da ferrovia, para se acompanhar a evolução de possíveis processos erosivos, como corrida de lama, movimentação de massas, fluxos hídricos concentrados, etc. Estes dados serão apresentados em relatórios e mapas geoespacializados mensais enviados ao IBAMA. Caso seja necessário, serão realizadas comunicações oficiais aos gestores dos programas de drenagem superficial e controle de processos superficiais do empreendimento.
- LII. As análises biológicas de levantamento faunístico obedecerão à mesma metodologia apresentada na etapa de Marco Zero e deverão perdurar ao longo de todo o período do Programa de Monitoramento Espeleológico (instalação, operação assistida e operação).
- LIII. A emissão dos relatórios sobre a fauna cavernícola nestas fases terá periodicidade semestral.

- LIV. Caso não ofereça qualquer perigo às equipes especializadas e sempre que for possível acessá-las, as cavernas consideradas impactadas também deverão ser alvo dos estudos de monitoramento bioespeleológico, com análise de alterações populacionais correlacionadas aos impactos gerados.

Fases de pré-operação e operação assistida

- LV. As fases de pré-operação e operação assistida serão iniciadas logo após o término da construção da ferrovia, servindo para a execução dos testes com diferentes configurações de composição, carga e velocidade no trânsito dos trens.
- LVI. Superada a fase de instalação, a VALEC iniciará a fase pré-operacional que consiste em testes de via, testes de sinalização, testes de segurança, intertravamento dos sistemas, além da capacitação e treinamento das equipes do Centro de Controle Operacional – CCO. Em paralelo, serão definidos padrões de condução na FIOLE com o auxílio de um *software* de simulação para maquinistas, finalizando com as validações práticas *in loco*. Após esta etapa será realizada a fase de testes finais (operação assistida), com a circulação de trens-tipo pré-definidos conforme tabela abaixo. Nessa fase circulam composições comerciais, com velocidade restrita e com o acompanhamento assistido por supervisores de tração em 100% das composições.

Tabela 3.1.1 - Definição de trens tipos para fases de pré-operação e operação assistida.

Trens	Modelos de Composição	Locomotivas	Potência Max Unit	Faixa Vel. (Km/h)	Quat. Vagão	Tipo de Vagão	Peso Total (t)	Dimensões (m)
Vazios	Trens de Carga Geral	2- GE/GM	3.600	20 - 80	84	FLT/GPT	2.964	1.647,48
	Trens de Grãos	3- GE/GM	4.400	20 - 80	128	HFT	4.380	2.291,82
	Trens de Minério	4- GE/GM	4.400	20 - 80	168	GDT	3.912	1.850,16
Carregados	Trens de Carga Geral	2- GE/GM	4.400	20 - 60	84	FLT/GPT	10.440	1.647,48
	Trens de Grãos	3- GE/GM	4.400	20 - 60	128	HFT	15.900	2.291,82
	Trens de Minério	4- GE/GM	4.400	20 - 60	168	GDT	22.560	1.850,16
Serviço	Trens de Serviço	1- GE/GM	1200/3600	20 - 60	6	GDT	960	84,54

- LVII. Esta fase tem duração mínima estima em 9 meses e poderá ser adequada às necessidades do monitoramento de vibração, em acordo com a coordenação da operação da ferrovia. Caso seja observada qualquer inconformidade de emissão de vibração que impacte as cavidades, serão implementadas adequações na fora de operação da ferrovia nos trechos críticos, de modo a garantir sua atividade dentro dos intervalos de segurança.

- LVIII. Todos os instrumentos deverão permanecer instalados na mesma configuração da fase de Marco Zero, criando assim uma rede de coleta de dados que cobrirá o trecho definido para os testes da ferrovia.
- LIX. Todos os dados coletados pelo monitoramento até esta fase, deverão constar em relatório mensais, com análise das informações obtidas e danos gerados.

Fase de operação

- LX. O monitoramento da fase de operação será iniciado assim que a ferrovia entrar em operação comercial, necessariamente posterior ao término das fases de testes.
- LXI. Com o início da fase de operação, parte do equipamento de monitoramento poderá ser reconfigurado. Isto não se aplica aos instrumentos dispostos no interior das cavernas e a meia distância entre estas e o eixo da ferrovia.
- LXII. O monitoramento será efetuado por um tempo não inferior a 02 anos a partir do início da operação.
- LXIII. A emissão dos relatórios simplificados terá periodicidade mensal no primeiro ano de operação. Estes relatórios visam verificar as condições de operação, com tempo de resposta hábil caso seja constatada a necessidade de quaisquer adequações. Semestralmente esses relatórios serão consolidados em relatórios completos de monitoramento.
- LXIV. No segundo ano de operação, as análises de vibração e demais informações do monitoramento constarão unicamente nos relatórios de consolidação, com periodicidade semestral. Após este prazo, baseados na análise dos relatórios e nova inspeção de campo, será reavaliada a necessidade da continuidade ou não do monitoramento.

3.1.6. INTER-RELAÇÃO COM OS OUTROS PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS AMBIENTAIS:

- LXV. Programa de Controle da Poluição e da Degradação Ambiental na Construção
1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção;
- LXVI. Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental
2. Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais;

3. Subprograma de Rotinas de Monitoramento de Obra;
4. Subprograma de Monitoramento e Controle de Ruídos e Vibrações;
5. Subprograma de Monitoramento da Fauna;

LXVII. Programa de Mitigação para o Patrimônio Espeleológico;

LXVIII. Programa de Monitoramento da Paisagem associada ao Patrimônio Espeleológico

6. Subprograma de Resgate Espeleológico

3.1.7. RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

LXIX. **VALEC.** Na qualidade de empreendedor e responsável pela execução das obras, a VALEC é o órgão contratante e principal fiscal da aplicação deste programa. A VALEC poderá contratar consultores e/ou subcontratadas para serviços especializados, de supervisão e de apoio, visando à boa execução dos serviços nele previstos.

LXX. **Empresas contratadas.** A empresa de consultoria ambiental contratada deverá realizar os estudos e análises relativas aos impactos gerados sobre o patrimônio espeleológico e fiscalizar que os resultados esperados sejam alcançados. Também é de responsabilidade desta a elaboração dos relatórios de acompanhamento.

LXXI. **IBAMA.** O IBAMA é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela fiscalização do atendimento das condições estabelecidas nas licenças concedidas e suas renovações.

LXXII. **Empresa concessionária.** Quando a administração da FIOL for repassada a uma empresa concessionária, esta deverá assumir por completo o ônus de manter as ações de monitoramento previstas neste subprograma, independente da fase em que esse esteja, e das adequações de operação, se necessárias.

3.1.8. RECURSOS

LXXIII. Os quadros 3.1.3. e 3.1.4 apresentam, respectivamente, os recursos humanos e materiais demandados por este programa. Os valores abaixo determinados são para a constituição das quatro fases de monitoramento, levando-se em consideração o patrimônio espeleológico conhecido no Lote 06 da FIOL. Caso novas cavidades sejam descobertas, estas deverão receber tratamento análogo ao previsto neste Subprograma de Monitoramento.

Quadro 3.1.3 - Subprograma de monitoramento para a avaliação de vibrações: Estimativa de recursos humanos.

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total (Unidade)
Coordenador geral do programa de monitoramento (espeleólogo sênior)	H x mês	1	60	60
Técnicos em geoespeleologia	H x mês	2	60	120
Técnicos em espeleologia	H x mês	3	60	180
Bioespeleólogos	H x mês	3	60	180
Biólogos auxiliares	H x mês	2	60	120
Coordenador do programa de instrumentação (Engenheiro sênior)	H x mês	1	60	60
Supervisor de campo (supervisão e processamento de dados)	H x mês	1	60	60
Técnicos de monitoramento de vibrações	H x mês	5	60	300
Topógrafo	H x mês	1	60	60
Técnicos para medições de gabarito em campo	H x mês	5	60	300
Operários para apoio operacional	H x mês	8	60	480
Apoio administrativo	H x mês	3	60	180

* Quantidade de funcionários a definir.

** Meses referentes ao tempo necessário para a fase de operação assistida (testes).

Quadro 3.1.4 - Subprograma de monitoramento para a avaliação de vibrações: Estimativa de recursos materiais.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Número de meses	Total (Unidade)
Medidores de vibração	Unidade	19*	-	19*
Medidor de movimentação (instrumentação para medições dos maciços rochosos)	Unidade	100**	-	100**
Ferramentas (enxadas, boca-de-lobo, etc.)	Equip./mês	30	-	30
Veículo ¹	Veíc./mês	1	60	60
Computadores	Equip./mês	11	60	660
GPS	Equip./mês	5	60	300
Material de campo	Verba/mês	1	60	60
Material de escritório	Verba/mês	1	60	60
Material de laboratório	Verba/mês	1	60	60
Máquina fotográfica	Equip./mês	5	60	300

¹ Deverá ser um veículo compatível à quantidade de operários, podendo ser uma van, um micro-ônibus ou um ônibus.

* Os aparelhos de medição de vibrações calculados referem-se ao patrimônio espeleológico conhecido para a FIOL.

** Valor estimado, devendo ser calculado durante os serviços de campo na fase de Marco Zero.

3.1.9. CRONOGRAMA

LXXIV.O cronograma de atividades está listado abaixo de acordo com as suas quatro fases de execução:

1. Duração de monitoramento da fase de Marco Zero: 150 dias para atividades de mobilização, vistorias e análises de campo, elaboração de mapa de fragilidade, aquisição dos equipamentos, análise e disposição dos sensores e tempo para a coleta de dados de cada área, totalizando 150 dias de coleta total de dados. Para os estudos e confecção dos relatórios há previsão de 90 dias, que podem ser concomitantes à fase de *monitoramento da instalação*. Esta fase totaliza 240 dias de duração;
2. Duração de monitoramento da fase de instalação: este monitoramento será executado durante toda a fase de instalação do empreendimento, previsto em 24 meses, gerando relatórios de acompanhamento com periodicidade mensal e consolidados com periodicidade semestral.
3. Duração de monitoramento da fase de Operação assistida: A duração desta fase será de 6 meses. Deverão ser emitidos relatórios de acompanhamento com periodicidade mensal e consolidados em um relatório final da fase contendo a análise em relação aos padrões de vibração gerados pela operação da FIOL.
4. Duração de monitoramento da fase de Operação: Previsão de, no mínimo, 24 meses em todos os trechos em operação, gerando relatórios de acompanhamento com periodicidade mensal durante o primeiro ano de operação e relatórios de consolidação com periodicidade semestral ao longo de toda a fase de operação.

LXXV. Para as ações relativas ao monitoramento de fauna cavernícola, dever-se-á proceder as seguintes determinações de cronograma:

1. As observações de invertebrados deverão ser realizadas em duas campanhas anuais, visando minimamente revelar aspectos decorrentes da sazonalidade climática.

2. A primeira campanha de monitoramento de fauna cavernícola deverá ocorrer ainda durante a fase de Marco Zero e seguir, de modo ininterrupto, até o término do Programa de Monitoramento Espeleológico.

Quadro 3.1.5 - Subprograma de Monitoramento para Avaliação de Vibrações.

	1º Ano												2º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização																								
Marco Zero																								
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero																								
Campanha de invertebrados																								
Análises laboratoriais																								
Relatório de monitoramento de fauna																								
Instalação																								
Relatório de Instalação																								
Operação assistida																								
Relatório de Operação assistida																								
Operação																								
Relatório de Operação																								
Relatório Final de Monitoramento																								

Continuação do Quadro 3.1.5.

	3º Ano												4º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização																								
Marco Zero																								
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero																								
Campanha de invertebrados																								
Análises laboratoriais																								
Relatório de monitoramento de fauna																								
Instalação																								
Relatório de Instalação																								
Operação assistida																								
Relatório de Operação assistida																								
Operação																								
Relatório de Operação																								
Relatório Final de Monitoramento																								

Continuação do Quadro 3.1.5.

	5º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização												
Marco Zero												
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero												
Campanha de invertebrados												
Análises laboratoriais												
Relatório de monitoramento de fauna												
Instalação												
Relatório de Instalação												
Operação assistida												
Relatório de Operação assistida												
Operação												
Relatório de Operação												
Relatório Final de Monitoramento												

3.1.10. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. CONSTITUIÇÃO FEDERAL. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao_Compilado.htm, Acessado em: 08/03/2011.

_____. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopo básico/instruções de serviço. Rio de Janeiro: IPR/BRASIL. DNIT, 409p. 2006.

_____. IBAMA. Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União, Seção I, nº 117, p. 11844, 1990.

_____. ICMBIO. CECAV. III curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Brasília-DF, 195p. 2011. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>, Acessado em: 09/12/2011.

_____. Presidência da República. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.

_____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.

- _____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 002, de 20 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2009
- DIN 4150-3 Vibrações em Edifícios – Parte 3: Efeitos nas Estruturas. 1983
- Gomes, J. J. Pós-ruídos e vibração. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. pp 187. 2010. Disponível em: <http://pessoal.utfpr.edu.br/jefersongomes/arquivo/POS-RUIDO%20E%20VIBRAÇÖES.pdf>, acessado em: 09/12/2010.
- ISO 4866. Mechanical Vibration and Shock - Vibration of Buildings - Guidelines for the Measurement of Vibrations and Evaluation of Their Effects on Buildings. 1990
- Konya, C. J. & Walter, E. J. (1990). "Surface Blast Design". Prentice-Hall, Inc.. New Jersey. E. U. A..
- Louro, A. F. F. C. (2009). "Novas formulações para leis de propagação de vibrações, em maciços rochosos, baseadas nas propriedades termodinâmicas dos explosivos". Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica e de Minas, Instituto superior técnico, Universidade técnica de Lisboa, Portugal.
- Moutinho, C. M. R. Controle de Vibrações em Estruturas de Engenharia Civil. FUEP. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, Tese de Doutorado. p. 394. 2007.
- OIKOS. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das Obras de Implantação da Ferrovia Oeste-Leste – EF 334, entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA). Volume 3: Avaliação de Impactos Ambientais. Rio de Janeiro, 220p. 2009c.
- OIKOS. Inventário Espeleológico na Área Diretamente Afetada pela Ferrovia de Integração Oeste-Leste. Relatório Final. Brasília-DF, 137p. 2010.
- Sarsby, R. (2000). "Environmental Geotechnics". Thomas Telford, Londres. Reino Unido.
- SN 640312 Efeitos das Vibrações nas Estruturas. 1978
- VALEC. Norma Ambiental VALEC Nº 01. Qualidade Ambiental da Construção. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 23p. 2010.
- _____. Norma Ambiental VALEC Nº 05. Instalação e operação de canteiro de obra. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 12p. 2010.
- _____. Norma Ambiental Nº 23. Controle e monitoramento de ruídos e vibrações nas fases de instalação e de operação e em receptores críticos. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 21p. 2010.

3.2. Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas

3.2.1. JUSTIFICATIVA

- I. A atual legislação compreende que as cavernas não devem ser avaliadas como ocorrências pontuais. Seu valor se estende, portanto, aos elementos que lhes garantam a integridade, compondo o chamado patrimônio espeleológico.
- II. Este patrimônio constitui-se pelo conjunto de fatores bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas e elementos a estas associados.
- III. A instalação e operação ferroviária podem gerar impactos negativos a este meio, devido, especialmente, à fragmentação de habitats e à diminuição da área de vida de espécies associadas.
- IV. Adicionalmente, a instalação ferroviária próxima a locais com cavernamentos, com implantação de estradas e passagens, pode aumentar o trânsito e o consequente uso indevido das cavernas.
- V. A conservação das áreas de influência estipuladas às cavernas faz-se, portanto, imperativa para a manutenção do ambiente cavernícola.

3.2.2. OBJETIVO

- VI. Proteger e monitorar o estado de conservação dos remanescentes florestais da área de influência das cavidades naturais subterrâneas afetadas ao processo de licenciamento ambiental da FIOLE. Deverá ser documentada a evolução de uso e conservação dos remanescentes florestais, a partir do momento anterior à instalação da FIOLE – Marco Zero.

3.2.3. METAS E INDICADORES

Metas

- VII. Delimitar os contíguos remanescentes florestais.
- VIII. Monitorar as interferências de obras sobre as áreas de influência das cavernas, mantendo o melhor estado de conservação para manutenção do ecossistema associado ao patrimônio espeleológico.

- IX. Avaliar as condições físicas de conservação do entorno das cavernas e dos indícios de danos ao interior.
- X. Gerar dados prévios de estado de conservação das matas ao redor das cavernas e compará-los com o estado de conservação observado semestralmente.

Indicadores

- XI. Quantidade de remanescentes protegidos com análise das condições prévia e atual da estrutura vegetacional que circunda as cavernas afetadas pelo processo de licenciamento da FIOL.
- XII. Índices de diversidade florística comparativos entre o período prévio à instalação do empreendimento e posteriores até o final da instalação, realizando-se comparações entre estes.

Quadro 3.2.1 - Identificação das áreas de fragmentos florestais protegidos pela presença de patrimônio espeleológico.

N	Vértices do polígono da área dos fragmentos florestais	Área (ha)	Quantidade de cavernas protegidas
1			

Quadro 3.2.2 - Verificação de mitigação de impactos sobre o patrimônio espeleológico.

Polígono da área de influência	Estado e data de conservação pretérito	Estado e data de conservação atual	Acervo fotográfico

3.2.4. ASPECTOS LEGAIS

- XIII. Código Florestal - Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.
- XIV. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990.
- XV. Decreto nº 6.640, de 07 de Novembro de 2008.
- XVI. Instrução Normativa MMA nº 002, de 20 de Agosto de 2009.
- XVII. Portaria IBAMA nº 887, de 15 de Julho 1990.

3.2.5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

- XVIII. Delimitar as áreas contínuas de fragmentos de vegetação em que as cavidades naturais subterrâneas, afetadas pelo licenciamento ambiental da FIOL em todo o empreendimento, estejam inseridas.

- XIX. As ações para preservação dos remanescentes florestais consistem em: desafetação das glebas que comporão a(s) unidade(s) de proteção espeleológica, cercamento e realização de aceiro no limite dos remanescentes florestais.
- XX. Caso haja mais de uma cavidade no mesmo remanescente florestal, estas serão tratadas como uma unidade, recebendo cercamento e aceiro no perímetro das glebas que comporão a Unidade de Proteção Espeleológica.
- XXI. O aceiro deverá receber manutenções semestrais, por período indeterminado.
- XXII. Durante o período de instalação da FIOL, as áreas de remanescentes florestais circunvizinhos às cavernas serão previamente demarcadas com fitas zebreadas e placas indicadoras, para evitar a passagem de pessoas e máquinas.
- XXIII. Para a região do Lote 06 da FIOL, os fragmentos de mata a serem preservados coincidem com os polígonos formados pela Unidade de Proteção Espeleológica de São Félix do Coribe, descrita no Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico deste PBA. Isto garante maior proteção a estes remanescentes dado que todas as medidas previstas naquele programa deverão ser instituídas nesta área.
- XXIV. Para avaliação das condições físicas de conservação do entorno das cavernas e dos indícios de danos ao interior:
1. Serão realizadas campanhas contínuas para monitoramento nas proximidades das cavernas e de seu interior quanto à presença de indícios visuais de degradação ambiental e/ou danos à estrutura física da caverna, durante a fase de instalação.
 2. A análise deverá ser realizada por caverna e conjunto de áreas de influência sobrepostas, assim consideradas pela concentração e proximidade das cavidades por localidade de acesso.
 3. Todas as visitas serão acompanhadas de laudo de vistoria (relatórios) com documentação fotográfica dos indícios de uso e dano porventura observados.
 4. As vistorias deverão contar “obrigatoriamente” com a presença de um técnico da área de espeleologia e um gerente/fiscal da empreiteira contratada para execução da obra, quando em fase de instalação da FIOL.

5. Serão objeto de avaliação as condições de conservação da área de influência das cavernas, com verificação da presença e características de trilhas de acesso, proximidade a vias de trânsito de animais, automóveis e máquinas, proximidades de atividades antrópicas, substituição da vegetação do entorno, lavra e outros elementos que forem observados e que denotem o uso humano predatório do entorno.
6. Os relatórios referentes às visitas de monitoramento serão mensais e a consolidação e comparação dos dados coincidirão com a emissão dos relatórios das devidas fases: Marco Zero, Instalação, Operação Assistida e Operação.

Infraestrutura física e mão de obra

1. A equipe técnica que realizará o 'Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas' deverá ser constituída por pessoal capacitado e familiarizado no trato de questões espeleológicas e de conservação ambiental.
2. As ações cabíveis para assegurar a preservação dos fragmentos de vegetação deverão ser negociadas com o órgão competente.

3.2.6. INTER-RELAÇÃO COM OS OUTROS PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS AMBIENTAIS:

XXV. Programa de Controle da Poluição e da Degradação Ambiental na Construção

1. Subprograma de Qualidade Ambiental da Construção;
2. Subprograma de Controle da Extração de Materiais de Construção

XXVI. Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental

1. Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais;
2. Subprograma de Rotinas de Monitoramento de Obra;

XXVII. Subprograma de Monitoramento e Controle de Ruídos e Vibrações;

XXVIII. Programa de Proteção da Flora

1. Subprograma de Prevenção Contra Queimadas
2. Subprograma de Minimização de Desmatamentos

XXIX. Programa de Gerenciamento da Mão de Obra

1. Subprograma de Contratação e Treinamento do Pessoal

XXX. Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico.

XXXI. Programa de Mitigação para o Patrimônio Espeleológico.

3.2.7. RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

XXXII. **VALEC.** Na qualidade de empreendedor e responsável pela execução das obras, a VALEC é o órgão contratante e principal fiscal da aplicação deste programa. A VALEC poderá contratar consultores para serviços especializados, de supervisão e de apoio, visando à boa execução dos serviços nele previstos.

XXXIII. **Empresas contratadas.** A empresa de consultoria ambiental contratada deverá realizar as análises e levantamentos acerca do atual e futuro estado de conservação do patrimônio espeleológico e cuidar para que os resultados esperados sejam alcançados. Também é de responsabilidade desta a elaboração dos relatórios de acompanhamento.

XXXIV. **IBAMA.** O IBAMA é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela fiscalização do atendimento das condições estabelecidas nas licenças concedidas e suas renovações.

3.2.8. RECURSOS

XXXV. Para os recursos relativos às ações do Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas, são apresentados os quadros 3.2.3 e 3.2.4, abaixo.

Quadro 3.2.3 - Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas: Estimativa de recursos humanos

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Coordenador do programa (espeleólogo sênior)	H x mês	1	55	55
Engenheiro Florestal	H x mês	2	55	110
Técnicos em espeleologia	H x mês	2	55	110
Técnicos em botânica	H x mês	2	55	110
Apoio Administrativo	H x mês	2	55	110

Quadro 3.2.4 - Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas: Estimativa de recursos materiais.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Veículo 4X4	Veíc. x mês	2	55	110
Computador portátil	Eq. x mês	9	55	495
GPS	Eq. x mês	7	55	385
Máquina fotográfica	Eq. x mês	7	55	385
Material de campo	Verba x mês	2	55	110
Material de escritório	Verba x mês	2	55	110

3.2.9. CRONOGRAMA

XXXVI. O cronograma de atividades do Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas está listado abaixo de acordo com as fases de execução:

1. A duração do monitoramento na formação do Marco Zero é de 30 dias para coleta de dados em campo. Para os estudos e confecção dos relatórios há previsão de 90 dias, que podem ser concomitantes à fase de *monitoramento da instalação*. Esta fase totaliza, portanto, 120 dias;
2. Durante a fase de instalação este monitoramento será permanente, até que se encerrem as obras. A previsão inicial é de 24 meses. Os relatórios terão periodicidade mensal;
3. Duração as fases de teste (pré-operação e operação assistida) este monitoramento terá duração de seis meses. Neste período, os relatórios deverão ser confeccionados com periodicidade mensal;
4. Duração total de monitoramento da fase de Operação: Previsão de no mínimo 24 meses em todos os trechos em operação, produzindo 04 relatórios com periodicidade semestral. As campanhas terão duração de 15 dias seguidos de 60 dias para análise e elaboração do relatório.

Quadro 3.2.5 - Subprograma de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas.

	1º Ano												2º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização																								
Marco Zero																								
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero																								
Instalação																								
Relatório de Instalação																								
Fase de teste																								
Relatório de Operação assistida																								
Operação																								
Relatório de Operação																								
Relatório Final de Monitoramento																								

Continuação do Quadro 3.2.5.

	3º Ano												4º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização																								
Marco Zero																								
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero																								
Instalação																								
Relatório de Instalação																								
Fase de teste																								
Relatório de Operação assistida																								
Operação																								
Relatório de Operação																								
Relatório Final de Monitoramento																								

Continuação do Quadro 3.2.5.

	5º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Mobilização												
Marco Zero												
Elaboração e emissão de relatórios do Marco Zero												
Instalação												
Relatório de Instalação												
Operação assistida												
Relatório de Operação assistida												
Operação												

	5º Ano											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Relatório de Operação												
Relatório Final de Monitoramento												

3.2.10. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários: escopo básico/instruções de serviço. Rio de Janeiro: IPR/BRASIL. DNIT, 409p. 2006.

_____. IBAMA. Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União, Seção I, nº 117, p. 11844, 1990.

_____. ICMBIO CECAV. III curso de espeleologia e licenciamento ambiental. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Brasília-DF, 195p. 2011. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>, Acessado em: 09/12/2011.

_____. Presidência da República. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.

_____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da República Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 002, de 20 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2009

OIKOS. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das Obras de Implantação da Ferrovia Oeste-Leste – EF 334, entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA). Volume 3: Avaliação de Impactos Ambientais. Rio de Janeiro, 220p. 2009c.

VALEC. Norma Ambiental VALEC Nº 01. Qualidade Ambiental da Construção. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 23p. 2010.

_____. Norma Ambiental VALEC Nº 05. Instalação e operação de canteiro de obra. Oikos Pesquisa Aplicada, Rio de Janeiro, 12p. 2010.

3.3. Subprograma de Resgate Espeleológico

3.3.1. JUSTIFICATIVA

- I. Detentoras de atributos singulares, as cavernas possuem formações geológicas e elementos bióticos de grande estima científica e/ou cênica.
- II. A implantação de linhas férreas pode gerar impactos negativos irreversíveis ao patrimônio espeleológico.
- III. Em observância à Instrução Normativa MMA 002/2009, deverão ser realizados prévia documentação cartográfica e fotográfica e resgate de elementos considerados representativos de cavidades naturais subterrâneas que sofrerão impacto negativo irreversível decorrente de empreendimentos licenciados.

3.3.2. OBJETIVO

- IV. Salvar parcela do patrimônio espeleológico, a ser irreversivelmente impactado, e promover melhora de seu conhecimento estruturado a partir de depósito de elementos de significativo interesse científico, físicos e biológicos, em coleções apropriadas.

3.3.3. METAS E INDICADORES

Metas

- V. Identificar e catalogar os depósitos minerais secundários (espeleotemas) das cavernas que serão impactadas irreversivelmente pela FIOL, em período anterior ao início de sua instalação.
- VI. Realizar campanha(s) de resgate biológico de interesse científico nas cavernas que poderão ser impactadas irreversivelmente pela FIOL, sempre que houver indícios, durante o monitoramento, de que o impacto se efetivará.
- VII. Depósito destes materiais em coleções científicas institucionais.
- VIII. Constituição de acervo documental e físico de elementos geológicos e biológicos representativos das cavernas PEA 342, PEA 343 e PEA 378, alvo de impactos negativos irreversíveis.

Indicadores

- IX. Número de exemplares geológicos e biológicos resgatados, com elaboração de dossiê documental contendo o respectivo número de tombo em coleção científica – quadro 3.3.1.

Quadro 3.3.1 - Identificação do material resgatado

N	Cavidade Natural Subterrânea	Tipo de material	Descrição	Fotografias	Instituição de deposição	Número de tombo
1						

3.3.4. ASPECTOS LEGAIS

- X. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990.
XI. Decreto nº 6.640, de 07 de Novembro de 2008.
XII. Instrução Normativa MMA nº 002, de 20 de Agosto de 2009.

3.3.5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

- XIII. As atividades previstas neste subprograma deverão ser realizadas de maneira concomitante à etapa de Marco Zero, coordenadas por um geoespeleólogo e realizada em período anterior ao início da instalação da FIOLE, à exceção do resgate biológico que só deverá ocorrer quando evidenciado o risco de efetivação do impacto negativo irreversível sobre as cavidades.
- XIV. Deverão ser requisitadas as licenças de captura, coleta e transporte de material biológico junto ao IBAMA e de autorização de resgate de material geológico junto ao DNPM.
- XV. Deverá ser realizado registro cartográfico de toda extensão explorável das cavernas que sofrerão impacto negativo irreversível.
- XVI. Deverão ser realizados inventário e registro fotográfico de elementos geológicos de interesse científico que componham a cavidade, com indicação geoespacializada e azimuth. Esta catalogação acontecerá uma única vez por caverna.
- XVII. Espeleotemas raros ou com processo de formação mal compreendido deverão ser coletados e destinados a coleções científicas institucionais.
- XVIII. A conservação dos espeleotemas será observada ao longo da execução do subprograma de monitoramento para avaliação de vibrações, momento em que poderá ocorrer a atualização do catálogo de espeleotemas.

- XIX. Para o resgate biológico, deverão ser realizados inventário e coleta de elementos biológicos de relevante interesse científico, que tenham sido anteriormente documentados como componentes do ecossistema das cavernas a serem impactadas, devendo ser transportados e destinados a coleções científicas institucionais.
- XX. A equipe responsável deverá ser composta por bioespeleólogos experientes, devendo ser coletados apenas os espécimes com interesse científico.
- XXI. A campanha deverá ocorrer preferencialmente no período em que se obteve melhor amostragem do espécime a ser resgatado/coletado. Observada a necessidade, deverá ser realizada uma nova amostragem, no período sazonal seguinte, buscando apenas o resgate das espécies que apresentam relevante interesse científico. Esta precaução é tomada devido à incerteza da destruição completa de seu habitat, e da possibilidade de uso de abrigos em fendas e fraturas de pequenas dimensões, mesmo que colapsadas.
- XXII. No ato do resgate, serão fotografados e descritas as condições ambientais onde as espécies foram observados e coletados para completar as informações do resgate biológico.
- XXIII. Deverá ser produzido dossiê com lista de inventário de elementos geológicos e biológicos, contendo descrição, fotografias e entidade curadora com respectivo número de tombamento.

3.3.6. INTER-RELAÇÃO COM OS OUTROS PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS AMBIENTAIS:

- XXIV. Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental
- Subprograma de Controle de Compromissos Ambientais;
- XXV. Programa Compensatório para o Patrimônio Espeleológico.
- XXVI. Programa de Mitigação para o Patrimônio Espeleológico.

3.3.7. RESPONSABILIDADE DE EXECUÇÃO

- XXVII. **VALEC.** Na qualidade de empreendedor e responsável pela execução das obras, a VALEC é o órgão contratante e principal fiscal da aplicação deste programa. A VALEC poderá contratar consultores para serviços especializados, de supervisão e de apoio, visando à boa execução dos serviços nele previstos.

XXVIII. **Empresas contratadas.** A empresa de consultoria ambiental contratada deverá realizar as análises e levantamentos acerca do atual e futuro estado de conservação do patrimônio espeleológico e cuidar para que os resultados esperados sejam alcançados. Também é de responsabilidade desta a elaboração dos relatórios de acompanhamento.

XXIX. **IBAMA.** O IBAMA é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela fiscalização do atendimento das condições estabelecidas nas licenças concedidas e suas renovações.

3.3.8. RECURSOS

XXX. Para os recursos relativos às ações do Subprograma de Resgate Espeleológico, são apresentados os quadros 3.3.2 e 3.3.3, abaixo.

Quadro 3.3.2 - Subprograma de Resgate Espeleológico: Estimativa de recursos humanos

Especialistas	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Coordenador do programa (espeleólogo sênior)	H x mês	1	5	5
Bioespeleólogo	H x mês	3	5	15
Geoespeleólogo	H x mês	2	5	10
Espeleólogo	H x mês	2	2	4
Fotógrafo	H x mês	1	1	1

Quadro 3.3.3 - Subprograma de Resgate Espeleológico: Estimativa de recursos materiais.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total da unidade
Veículo 4X4	Veíc. x mês	2	2	4
Computador portátil	Eq. x mês	6	5	30
GPS	Eq. x mês	2	2	4
Máquina fotográfica	Eq. x mês	2	2	4
Material de campo	Verba x mês	1	2	2
Material de escritório	Verba x mês	1	6	6
Material de laboratório	Verba x mês	1	3	3

3.3.9. CRONOGRAMA

XXXI. A duração total do Subprograma de Resgate Espeleológico é de 180 dias, devendo ser iniciado de modo concomitante à etapa de “Marco Zero” dos Subprogramas de Monitoramento para Avaliação de

Vibrações e de Proteção e Monitoramento dos Fragmentos de Vegetação do Entorno das Cavernas.

XXXII. Este período compreende 30 dias para a mobilização de pessoal e requisição das licenças específicas, 60 dias para as atividades de campo (acervo fotográfico e inventários geológico e biológico), 90 dias para as análises laboratoriais e 60 dias para elaboração de relatórios finais (sendo destes, os primeiro 30 dias já aproveitados durante as análises em laboratório).

Quadro 3.3.4 - Subprograma de Resgate Espeleológico.

	Meses					
	01	02	03	04	05	06
Mobilização						
Requisição de licenças						
Inventário geológico						
Inventário biológico						
Levantamento fotográfico						
Triagem e identificação biológica						
Elaboração de relatório final						

3.3.10. BIBLIOGRAFIA

- _____. Presidência da República. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Presidência da Republica Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.
- _____. Presidência da República. Decreto nº 99.556, de 01 de Outubro de 1990. Presidência da Republica Casa Civil. Diário da República, nº 47. 2008.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 002, de 20 de agosto de 2009. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 2009

4. ANEXOS

4.0. Proposta de Unidade de Proteção Espeleológica

4.1. Descrição e mapas das cavidades testemunho sugeridas para compensação espeleológica no Lote 06 da FIOL

4.2. Projeto executivo de Terraplanagem

4.3. Descritivo de Drenagem

4.4. Projeto Geométrico do Lote 06 Da FIOL

80-DES-0600G-17-1004

80-DES-0600G-17-1011

80-DES-0600G-17-1045

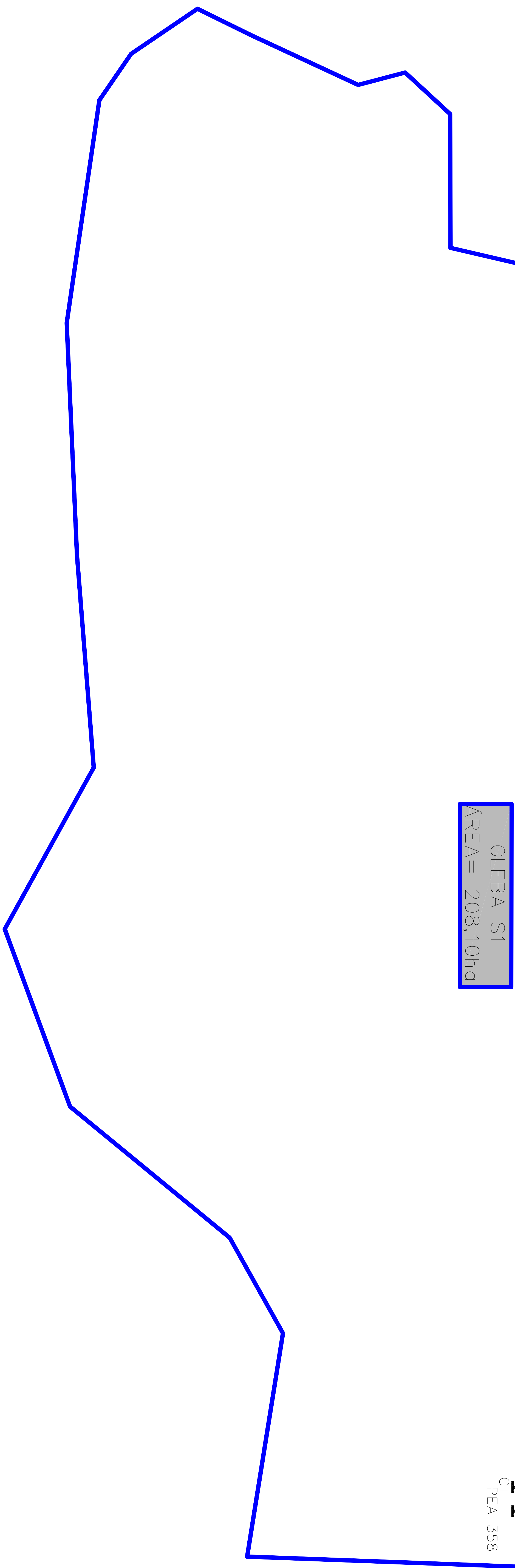
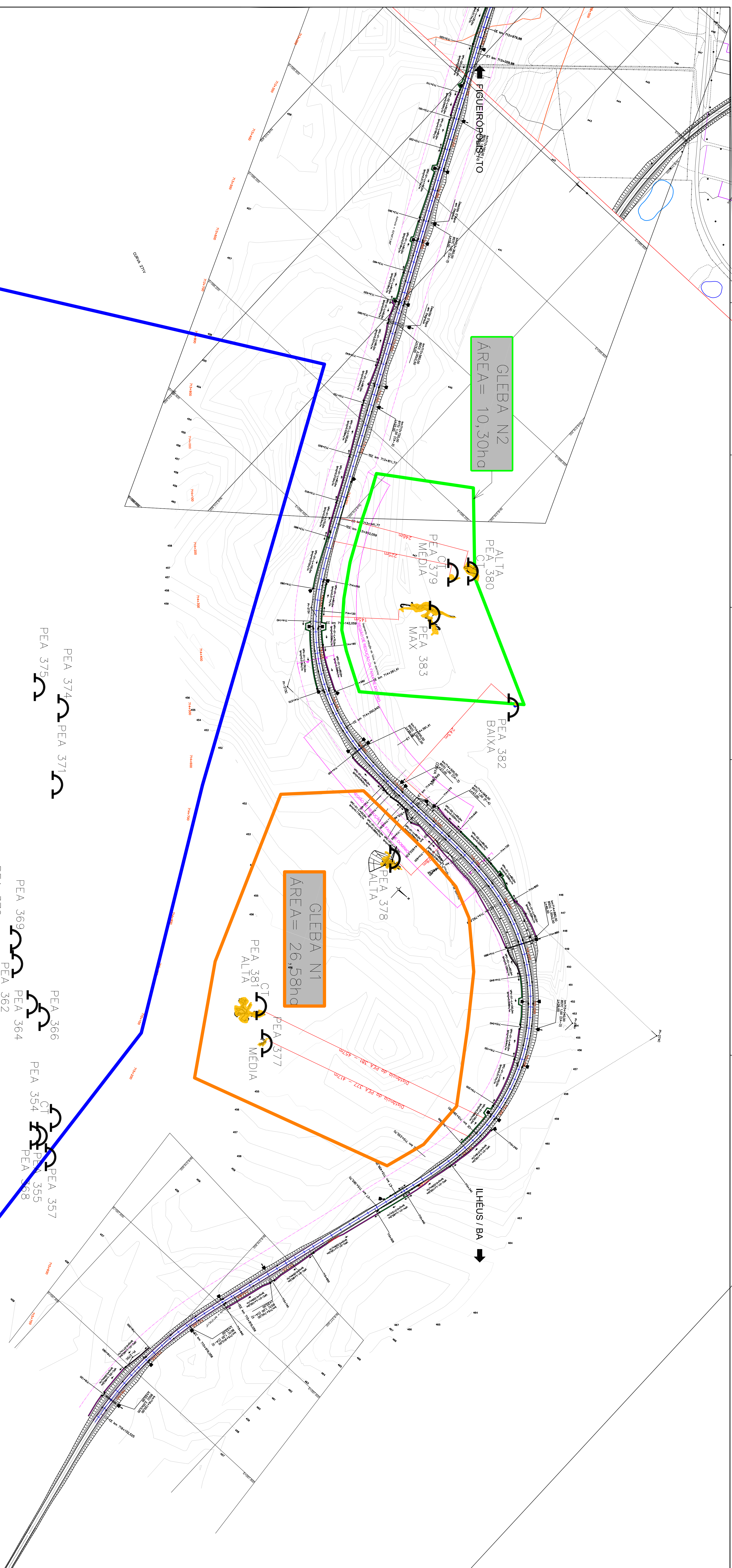
80-DES-0600G-17-1046

80-DES-0600G-17-1047

4.5. Diagrama de Caixas de Empréstimo, Areia e Pedreiras

4.6. NOTA TÉCNICA Nº 09/2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC

ANEXO 4.0.
PROPOSTA DE UNIDADE DE PROTEÇÃO ESPELEOLÓGICA

[illegible]

Architectural drawings of the bridge structure. The top drawing is a plan view showing the bridge deck with a width of 24.12m, a central section of 12.00m, and a total width of 24.12m. The bottom drawing is a profile view showing the bridge deck with a width of 24.12m, a central section of 12.00m, and a total width of 24.12m. The drawings are labeled 'PLANTA' and 'PERFIL' respectively.

Diagrama de instalação para o sistema de aquecimento por piso radiante. O diagrama mostra a conexão entre o sistema de aquecimento (Sistema de Aquecimento) e o sistema de distribuição de água (Sistema de Distribuição de Água). O sistema de aquecimento é composto por um coletor de distribuição (Coletor de Distribuição) e um manifold de distribuição (Manifold de Distribuição). O sistema de distribuição de água é composto por um reservatório de água quente (Reservatório de Água Quente) e um reservatório de água fria (Reservatório de Água Fria). O diagrama indica a conexão entre os dois sistemas através de uma válvula de controle (Válvula de Controle) e uma válvula de segurança (Válvula de Segurança).

[illegible]

ANEXO 4.1.

**DESCRIÇÃO E MAPAS DAS CAVIDADES TESTEMUNHO SUGERIDAS PARA
COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA NO LOTE 06 DA FIOL**

PEA 0354

Dados de localização

Município: São Felix do Coribe-BA
Coordenadas: 23L (SAD 69)
UTM E: 587.546
UTM N: 8.516.370
Altitude: 464 m

Dados espeleométricos

Classificação: Caverna
Projeção horizontal: 566,0 m
Desenvolvimento linear: 313,8 m
Desnível: 14,9 m

Litologia

Calcário



- **Localização e caracterização**

Localiza-se na Fazenda Santa Galo, cerca de 2 km a sul da sede do município de São Félix do Coribe, no estado da Bahia. Tem acesso pela rodovia BR 135, e sua entrada principal (sob as coordenada 23L 587.546 E / 8.516.370 N) dista cerca de 200 metros a sul desta autoestrada, em plena área de lavra garimpeira. Encontra-se à distância de 470 metros do eixo da FIOL.

Essa caverna foi identificada em Abril de 2010, nos trabalhos de inventário espeleológico da área de alto potencial no estado da Bahia.



Figura 1. A) Área externa próxima à entrada da caverna PEA 0354. B) Vista da entrada principal.

- **Ambientação externa e área de influência**

Esta caverna possui diversas entradas, em sua grande maioria horizontais, localizadas na base do maciço rochoso. As demais se constituem por claraboias que só

podem ser acessadas por cima do maciço. Este maciço é bastante fraturado com outras cavernas próximas e dentro da área de influência da PEA 0354.

O afloramento calcário se insere no Bioma Cerrado, com fitofisionomia de mata seca semidecídua, bastante antropizada. Na porção norte deste afloramento, há uma grande frente de lavra manual para a extração de blocos para calçamento, com evidente degradação ambiental.

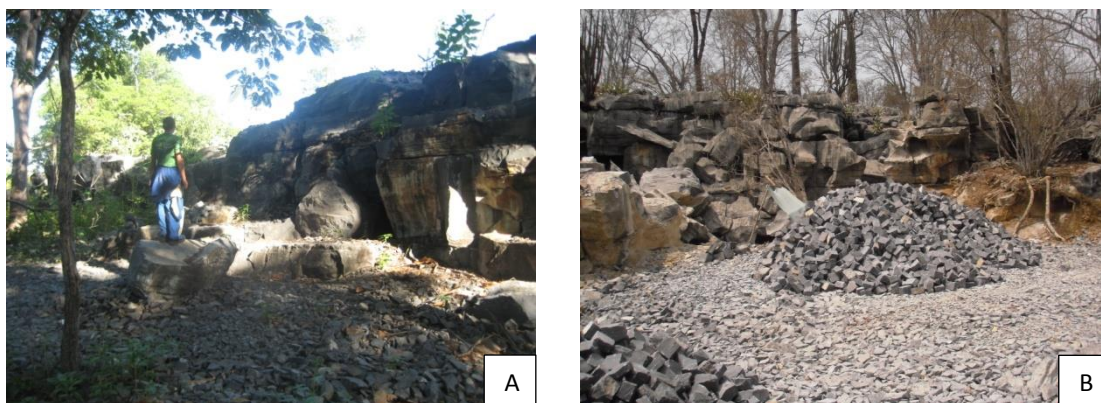


Figura 2. A) Vista de entrada secundária da PEA 0354. B) Pilha de blocos extraídos próxima a uma das entradas.

- **Forma e Dimensões**

Com projeção horizontal de 566 metros já topografados, e desnível de 14,9 metros, esta caverna possui 1.860,1 m² de área explorada e volume aproximado de 4.600 m³. Desenvolve-se em todas as direções, configurando morfologia ortogonal e labiríntica. Possui condutos com secções que variam de tetos tabulares a fendulares verticais, com grande quantidade de feições como tetos baixo, grandes salões, condutos estreitos e desníveis, que dão a esta grau de dificuldade mediano. Ressalta-se que ainda há diversos condutos e galerias não explorados.

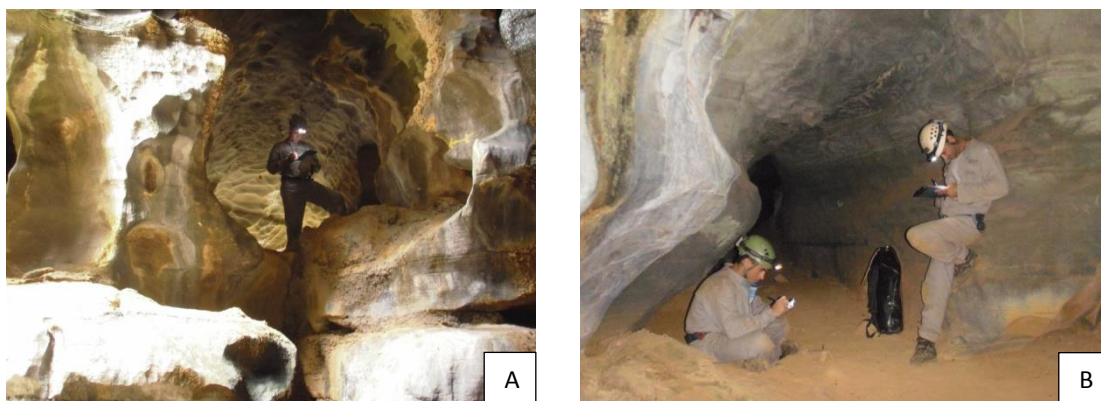


Figura 3. A e B) Condutos circulares com dimensões métricas.

- **Gênese e evolução**

A caverna teve sua formação condicionada pela ação mecânica e química de águas superficiais e meteóricas, que resultaram em múltiplas entradas. Nos condutos mais elevados, pode-se notar a presença de diversas claraboias resultantes dos desmontes de teto, permitindo a entrada da luz e com poucos locais de zona afótica. Seu processo evolutivo se apresenta ativo.

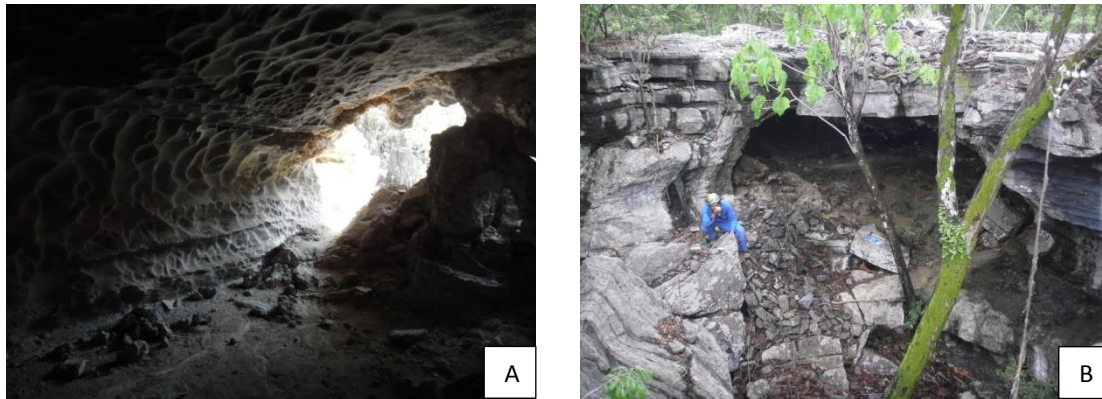


Figura 4. A) Marcas formadas pela ação mecânica da água. B) Dolina formada por processo de incisão.

- **Depósitos secundários químicos e terrígenos**

Apesar de pouco significativos, são encontrados ao longo de toda a caverna espeleotemas tipo estalactites, estalagmites, colunas, coraloides e escurrimentos. Devido à grande quantidade de claraboias, é comum a presença de depósitos terrígenos, que recobrem quase todo o piso da caverna.

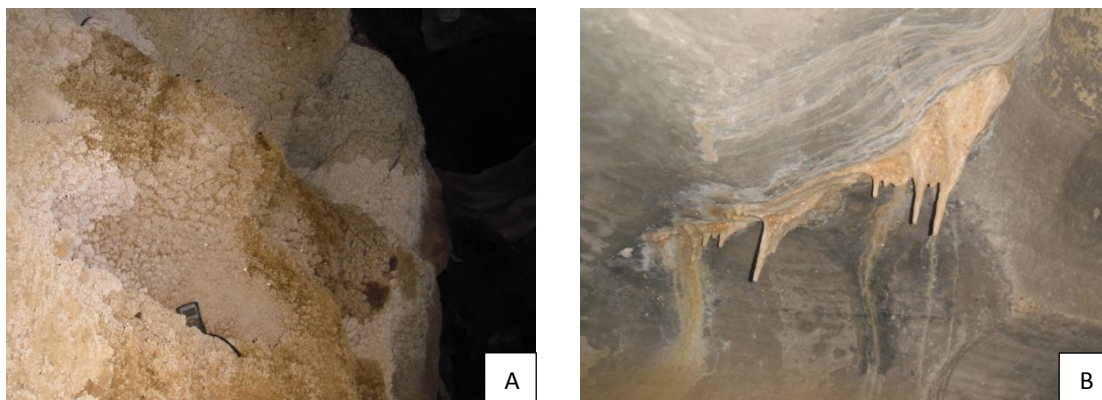


Figura 5. A) Coraloides com cristais de calcita. B) Pequenas estalactites.

- **Trajeta hipógeo**

O caminhamento interno é considerado fácil, com condutos altos e amplos, mas com dificuldades pontuais, como quebra-corpos e tetos-baixo. Por possuir características labirínticas, com diversos condutos e galerias interligados, deve-se ter cuidado na exploração, devido à facilidade de desorientar-se.

Estima-se que a caverna ainda se desenvolva por outros condutos horizontais e níveis inferiores, necessitando ser completamente explorada.

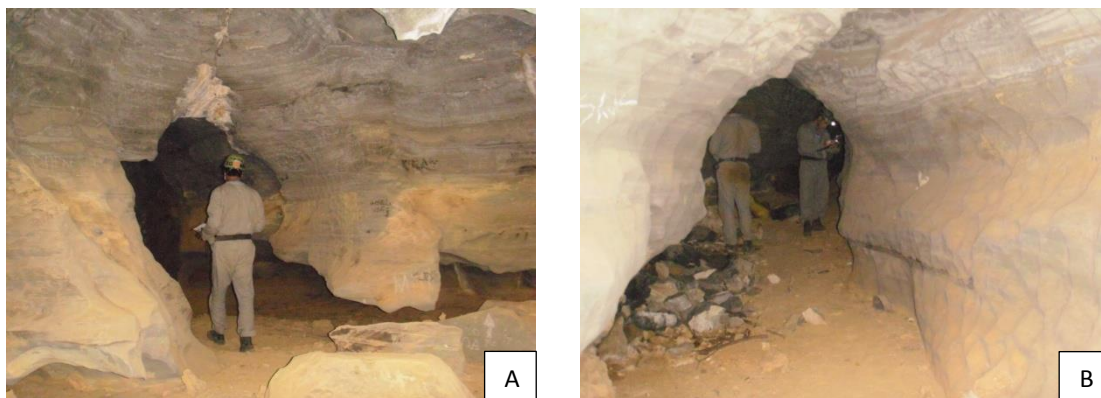


Figura 6. A e B) Condutos que permitem o fácil caminhamento das equipes.

- **Hidrogeologia**

Até o momento, não foi encontrada nesta caverna ligação com rios ou lagos subterrâneos. É possível, entretanto, notar a presença de águas empossadas e pequenos rios intermitentes (com águas correntes, límpidas e com presença de invertebrados despigmentados, não identificados) em períodos de chuvas.

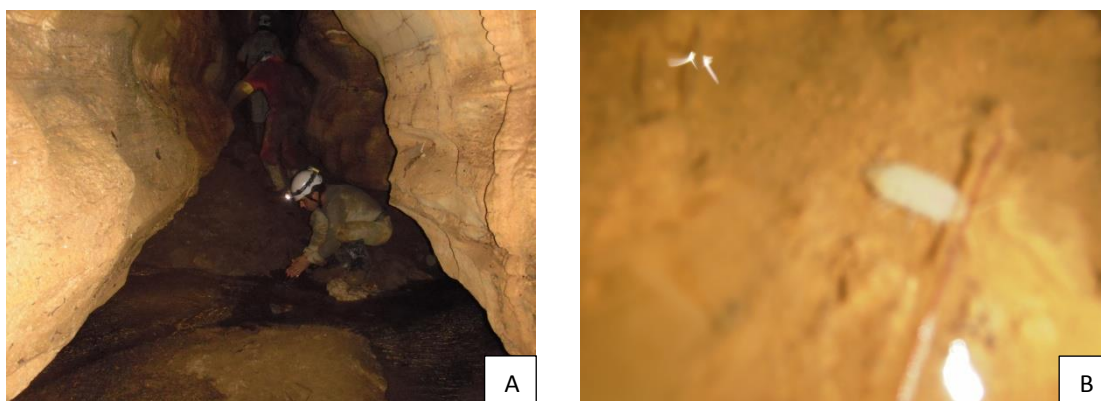


Figura 7. A) Conduto com água corrente em período chuvoso. B) Invertebrados presentes na água deste corpo hídrico.

- **Caracterização trófica**

Esta caverna possui grande influência do meio externo. Especialmente próximos às claraboias, nota-se a presença de serrapilheira (folhas e galhos), fezes e regurgito de aves e pequenos animais mortos (como ratos e lagartos) que servem de alimento para os invertebrados cavernícolas. No interior da gruta, o aporte se torna mais escasso, geralmente formado por guano de morcegos (hematófagos, insetívoros e frugívoros) ou carcaças de animais acidentais.

- **Fauna cavernícola**

Apesar de não terem sido realizados estudos específicos, durante os serviços de mapeamento espeleológico desta caverna, foi observada grande riqueza de fauna invertebrada, com diversos exemplos de aracnídeos, insetos e isópodos.

Constitui também abrigo de diversas espécies de vertebrados, sendo avistados morcegos de distintas espécies e hábitos alimentares, roedores e vestígios do uso por corujas.

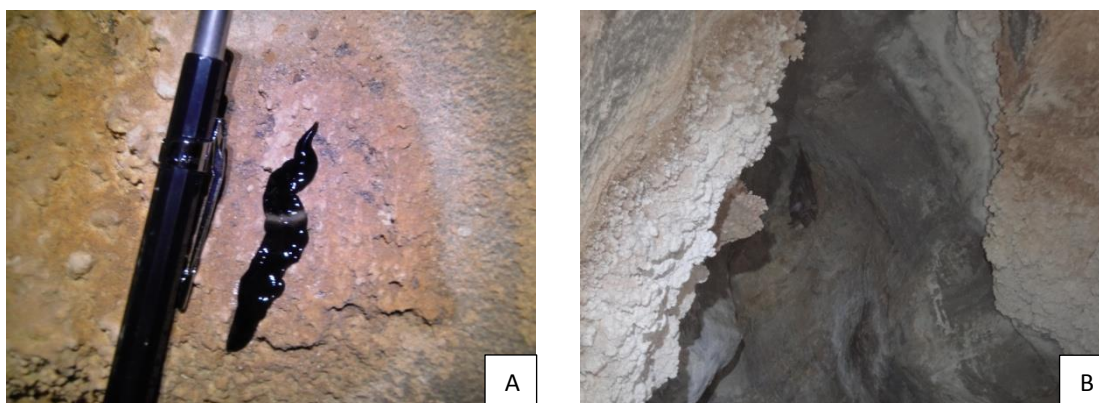


Figura 8. A e B) Exemplos de espécimes de invertebrado (nematóide) e de vertebrados (morcego), respectivamente.

- **Visitação e Socioeconomia**

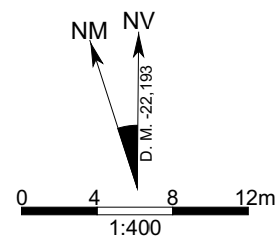
Com sinais de depredação, esta caverna é bastante visitada pelos moradores locais devido ao fácil acesso e proximidade às áreas urbanas. É possível verificar o mau uso da cavidade, com marcas nas paredes (como pichações, desenhos, nomes e datas espalhados pelos condutos iniciais) e lixo (latas, roupas e velas, entre outros), tanto nas entradas, quanto no interior da gruta.

Toda porção norte desta caverna se encontra em uma frente de lavra, onde moradores da região trabalham na extração de blocos para revestimento de ruas e calçadas.

A caverna sofre danos irreversíveis e teve parte de seu desenvolvimento lavrado.



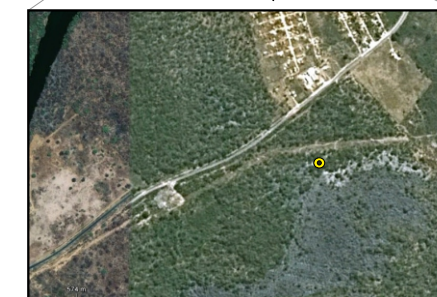
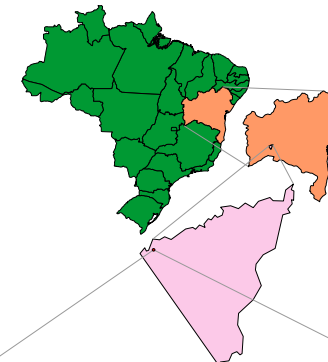
Figura 9. A) Marcas de depredação nas paredes da gruta. B) Trabalhadores da lavra manual de blocos.



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|
| - Estalactite | - Coluna estalagmítica | - Contorno externo | - Clarabóia | - Base Topografica | - Gotejamento |
| - Estalagmite | - Escorrimento | - Linha de Gotejamento | - Desníveis | - Vegetação | - Guano |
| - Estalactite e estalagmite | - Teto Baixo | - Desnível Abrupto | - Indicação de corte | - Raiz | - Ossos |
| - Cortina | - Contorno da caverna | - Contorno não visualizado | - Abismo | - Areia | - Escala vertical (1,80m) |
| - Coralóide | - Linha de Visada | - Local não explorado | - Blocos | - Coluna de rocha | |

LOCALIZAÇÃO



Município de São Felix do Coribe - BA
Coordenada UTM: (23L) 587,546 E / 8.516.370 N
Altitude: 464 m Datum: SAD-69

ENTRADA DA CAVERNA



DADOS TÉCNICOS

PEA-0354

MAPA ESPELEOTOPOGRAFICO 4D U.I.S.

Projeção Horizontal: 566,0 m

Desenvolvimento linear: 313,8m

Desnível: 14,9 m

EQUIPE TOPOGRÁFICA

Bernardo Menegale, Samuel Fernandes, Emilio Calvo

Tiago dos Anjos, Kariel Alexander, Willamy Sabóia

Julio Linhares, Maricelio Guimarães, Eduardo Alarcão

DIGITALIZAÇÃO E ARTE FINAL

Tiago dos Anjos

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Bússola e Clinômetro Suunto

Trena Laser Bosch, Garmim GPSmap 60Csx



RES. TÉCN.

DATA:

11/2010

PÁGINA:

única

PEA 0356

Dados de localização

Município: São Felix do Coribe-BA
Coordenadas: 23L (SAD 69)
UTM E: 587.776
UTM N: 8.516.375
Altitude: 470 m

Dados espeleométricos

Classificação: Caverna
Projeção horizontal: 51,5 m
Desenvolvimento linear: 48,5 m
Desnível: 17,3 m

Litologia

Calcário



- **Localização e caracterização**

Localiza-se na Fazenda Santa Galo, cerca de 2 km a sul da sede do município de São Félix do Coribe, no estado da Bahia. Tem acesso pela rodovia BR 135, e sua entrada principal (sob as coordenada 23L 587.776 E / 8.516.375 N) dista cerca de 200 metros a sul desta autoestrada, em plena área de lavra. Encontra-se à distância de 432 metros do eixo da FIOL.

Essa caverna foi identificada em Abril de 2010, nos trabalhos de inventário espeleológico da área de alto potencial no estado da Bahia.

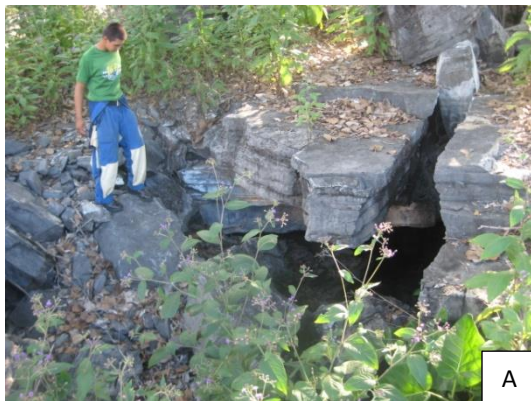


Figura 10. A e B) Bocas de entrada da gruta.

- **Ambientação externa e área de influência**

A caverna, posicionada no topo do maciço rochoso, possui duas entradas, ambas verticalizadas e com muitos blocos desmoronados formando rampas de acesso. A área ao

redor da entrada foi completamente lavrada formando um amplo lajedo de cascalho, com pouca vegetação recobrindo o local.

Sua área de influência é recoberta por uma vegetação do Bioma Cerrado, com fitofisionomia de mata seca semidecídua, bastante degradada, contendo poucas árvores próximas à caverna.

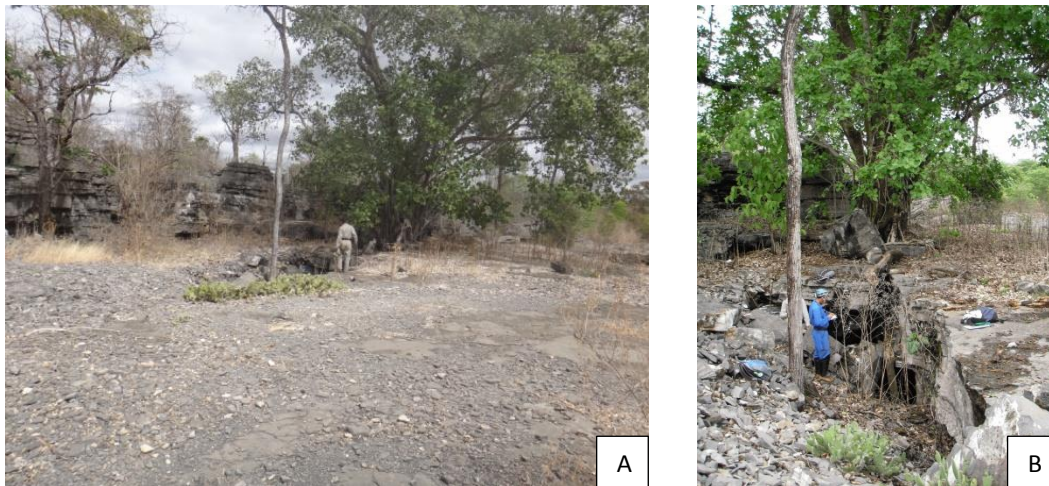


Figura 11. A e B) Ambientação externa ao redor das entradas da caverna PEA 0356.

- **Forma e Dimensões**

Esta caverna possui projeção horizontal de 51,5 metros, desnível de 17,3 metros, área de 136,6 m² e volume de 258,5 m³. Sua única entrada acessível é verticalizada, gerada pela incasão que formam um cone de desmoronamento. É formada por um grande salão de secção fendular vertical que se desenvolvem no plano do faturamento do maciço, com muitos blocos abatidos em toda sua extensão. O segundo salão possui menor volume e é necessário rastejar entre os blocos para acessá-lo. Também possui secção fendular vertical, com porções piramidais.

- **Gênese e evolução**

Esta caverna tem sua formação condicionada ao alargamento das fraturas pela ação química e física de águas meteóricas, resultando em dissolução das paredes e incasão. Apresenta-se ainda em pleno processo evolutivo.

- **Depósitos secundários químicos e terrígenos**

Com poucos espeleotemas distribuídos pela caverna é possível notar a presença de escorrimentos e coraloides em determinados pontos da caverna.

O piso é bastante irregular com grandes blocos métricos. Depósitos terrígenos são encontrados próximos à boca em meio à grande quantidade de blocos de dimensões centimétricas. Também são encontrados depósitos terrígenos no início do segundo salão.

- **Trajeto hipógeo**

O acesso é realizado pela dolina de colapso que forma as duas entradas, devendo-se descer pelo desmoronado de blocos logo abaixo.

O caminhar no salão principal, de grandes dimensões, é fácil. A passagem no segundo salão (formado por pequenos espaços em tetos-baixo e quebra-corpos) é bastante restritiva.

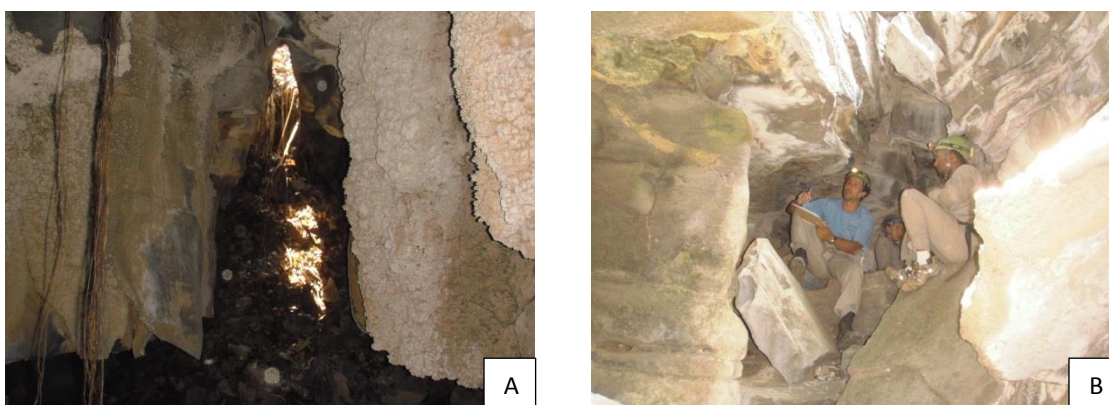


Figura 12. A e B) Vistas do amplo salão principal da caverna PEA 0356.

- **Hidrogeologia**

Não possui aparente ligação com rios ou lagos subterrâneos. Apenas em períodos de chuvas é possível observar a presença de gotejamentos e pequenas acúmulos em seu interior.

- **Caracterização trófica**

A caverna possui grandes acúmulos de serrapilheira abaixo das entradas, com depósito de folhas e galhos carregados pelo vento ou chuvas. Foram observadas raízes vivas e fezes de aves, mocós e tamanduás. Nas porções mais confinadas o aporte energético se torna escasso, sendo formado principalmente por guano de morcegos e raízes no teto.

- **Fauna cavernícola**

Apesar de não terem sido alvo de estudos específicos, durante os serviços de mapeamento espeleológico, foram observadas diversas espécies de invertebrados, especialmente aracnídeos e insetos.

Foram avistados lagartos morcegos, não identificados, e vestígios de uso por tamanduás.

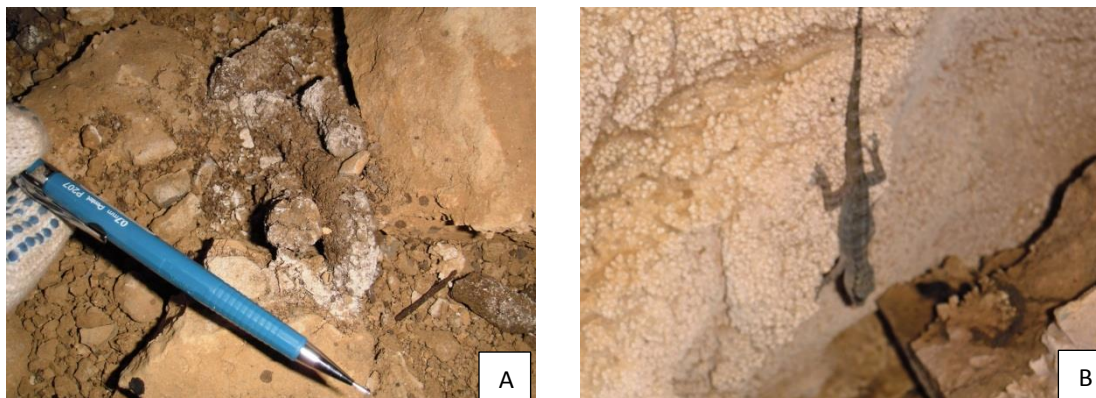


Figura 13. A) Fezes de mamífero de grande porte. B) Pequeno vertebrado no interior da gruta PEA 0356.

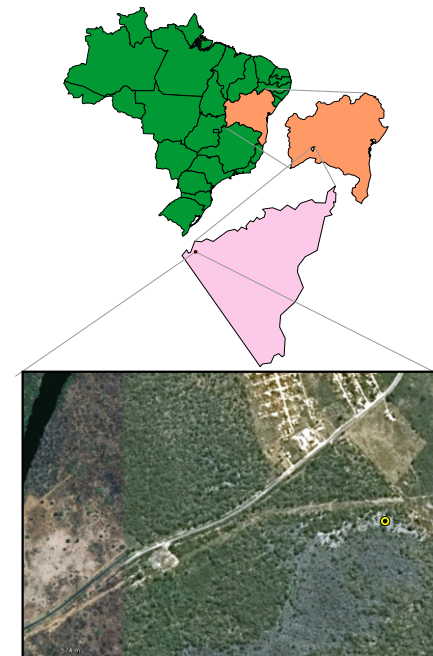
- **Visitação e Socioeconomia**

Apesar de não haver sinais de visitação, é possível encontrar grande quantidade de lixo em seu interior, depositado por moradores da região.

A caverna se encontra em uma frente de lavra manual abandonada, onde trabalhadores informais trabalham na extração de blocos para revestimento de ruas e calçadas.



LOCALIZAÇÃO



Município de São Felix do Coribe - BA
Coordenada UTM: (23L) 587,776 E / 8.516.375 N
Altitude: 470 m Datum: SAD-69

ENTRADA DA CAVERNA



DADOS TÉCNICOS

PEA-0356

MAPA ESPELEOTOPOGRAFICO 4D U.I.S.

Projeção Horizontal: 51,5 m

Desenvolvimento linear: 48,53 m

Desnível: 17,3 m

EQUIPE TOPOGRÁFICA

Santiago, João Paulo, Gerly Joaquim

DIGITALIZAÇÃO E ARTE FINAL

Tiago dos Anjos

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Bussola e Clinômetro Suunto

Trena Laser Bosch, Garmim GPSmap 60Csx



RES. TÉCN.

DATA:

11/2010

PÁGINA:

única

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| - Coralóide | - Teto Baixo | - Linha de Gotejamento | - Contorno externo | - Base Topografica | - Desníveis |
| - Barro | - Contorno da caverna | - Desnível Abrupto | - Abismo | - Vegetação | - Escala vertical (1,80m) |
| - Galeria inferior | - Linha de Visada | - Local não explorado | - Blocos | - Coluna de rocha | - Indicação de corte |

PEA 0358

Dados de localização

Município: São Felix do Coribe-BA
Coordenadas: 23L (SAD 69)
UTM E: L,0
UTM N: 8.516.363,0
Altitude: 470,0 m

Dados espeleométricos

Classificação: Caverna
Projeção horizontal: 9,4 m
Desenvolvimento linear: 14,5m
Desnível: 7,4m

Litologia

Calcário



- **Localização e caracterização**

A Caverna PEA 0358 encontra-se a 445m da ferrovia. Também localizada na Fazenda Canta Galo, município de São Félix do Coribe/BA, esta caverna dista 300m do Bairro Bela Vista e 250m da PEA 357. O acesso à caverna, partindo-se do bairro Bela Vista, é feito pela BR 135 (sentido Coribe/BA) por cerca de 200m. Neste trecho há uma porteira (à esquerda) que dá acesso à fazenda. Deve-se prosseguir por esta vicinal não pavimentada por mais 600m, até a proximidade da caverna. A gruta está a 90m da estrada de terra.

A cavidade de poucos metros de desenvolvimento está presente na borda do afloramento calcário, onde predomina uma paisagem rupestre, contraponto a exuberância da vegetação da mata circunvizinha. .

- **Ambientação externa e área de influência**

A PEA 0358 está localizada na mesma borda nordeste do grande afloramento calcário – com cerca de 2km de comprimento e orientação 225°N – que contém a PEA 0354. Seu acesso é feito em um lance vertical (abismo) com 0,80 m de largura por 0,32 m de comprimento e 5,96 m de profundidade. Esta entrada está no topo de um platô carbonático liso cercado por torres de pedra e lapíás.

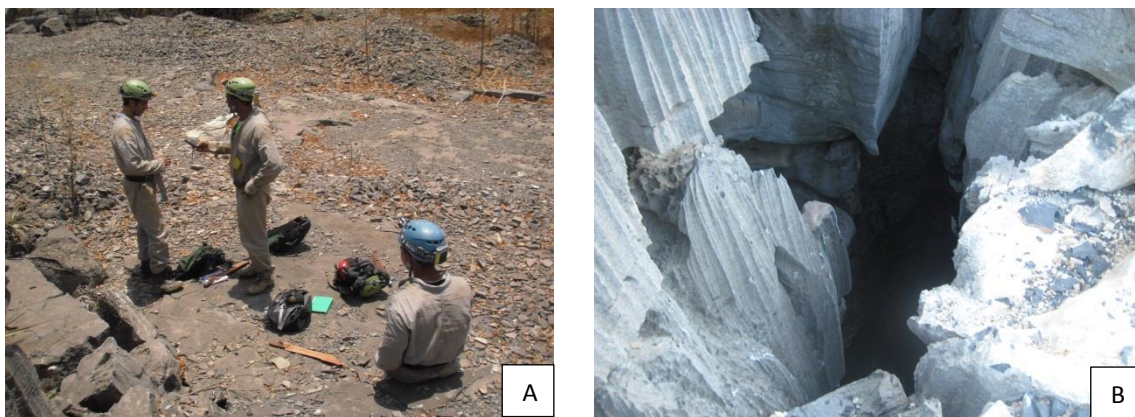


Figura 14. A) Vista da área externa da gruta e lavra do garimpo de blocos calcários. B) Lapiás que circundam a entrada em abismo da caverna.

- **Forma e Dimensões**

A cavidade tem sua entrada em um pequeno abismo com formato elíptico e lance vertical de 6m de altura. Este abismo configura o primeiro dos dois condutos que formam a caverna. O segundo conduto, predominantemente horizontal, possui 6,50 m de extensão.

A porção vertical da gruta se desenvolve com secção elítica (acompanhando a entrada) e a porção horizontal tem uma secção semicircular com teto de 0,60 m de altura e desenvolvimento de 6,40 m. O desnível total da cavidade, considerando o salão vertical, é de 7,40m.

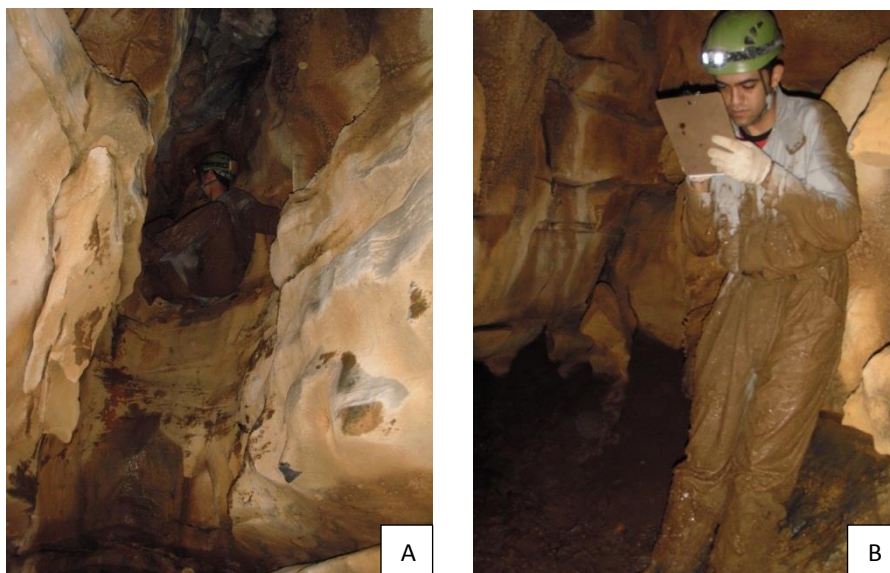


Figura 15. A) Acesso vertical da caverna e secção elítica do conduto de entrada. B) Conduto horizontal e detalhe do teto baixo no final deste conduto.

- **Gênese e evolução**

A gênese e evolução da caverna PEA 0358 está associada à percolação de águas meteóricas nas fraturas do maciço calcário, gerando dissolução desse e provocando o alargamento e expansão das fraturas. Essa dissolução, ampliada pela desestabilização do acamamento, transformou as fraturas em condutos.

As fraturas que facilitaram a formação da caverna desenvolvem-se em duas direções preferenciais: 265°N e 335°N.

- **Depósitos secundários químicos e terrígenos**

A cavidade possui poucos exemplares de espeleotemas. Foram observados apenas alguns escorrimentos e coralóides, principalmente próximos à entrada da caverna.

Quanto aos depósitos terrígenos, há uma grande quantidade de blocos, de diversos tamanhos, solo e matéria orgânica – oriundos da porção externa – e terrígenos finos inconsolidados que durante as chuvas formavam poças de lama.

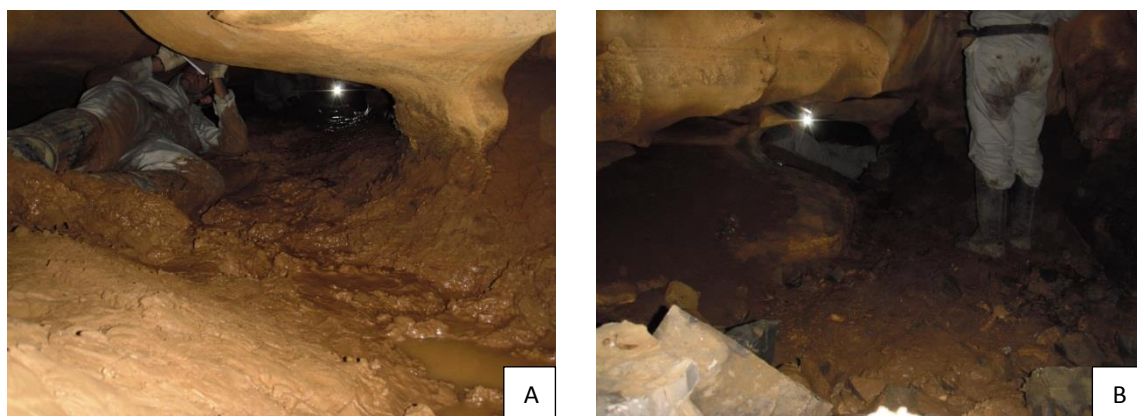


Figura 16. A) Solo e argila no conduto em teto baixo. B) Lixo e blocos no piso do conduto horizontal.

- **Trajeto hipógeo**

Em função do tipo de entrada (lance vertical de aproximadamente 6 m), o acesso à gruta deve ser realizado com o uso de técnicas de contraposição. Após o trecho vertical, há um rápido trecho de caminamento fácil, que finda em um teto baixo, com necessidade de rastejo. A porção em teto baixo apresentava, no período das chuvas, muita lama e poças de água até afunilamento total do conduto.

- **Hidrogeologia**

O único componente hídrico observado com atuação importante nesta cavidade é de águas meteóricas que infiltram e percolam pelas fraturas das rochas e que empoçam no interior da caverna. Este componente contribui para evolução da caverna e os acúmulos observados são importantes na dinâmica hídrica da gruta.

- **Caracterização trófica**

A entrada em abismo facilita o aporte de material orgânico por enxurradas. Em seu interior, foi observada abundância de substratos orgânicos como folhas secas, raízes, carcaças, detritos em decomposição, fezes e algumas marcas de guano nas paredes e piso.

Há também muito lixo lançado para o interior da caverna. Mesmo não estando contabilizado como fontes tróficas tradicionais (e sim como passivo ambiental), há uma grande quantidade de invertebrados associados à presença de lixo.

- **Fauna cavernícola**

Durante os trabalhos prospectivos e de topografia na cavidade PEA 0358, foram avistadas espécies isolados de quirópteros, coleópteros, aracnídeos, gastrópodes e nematóides.

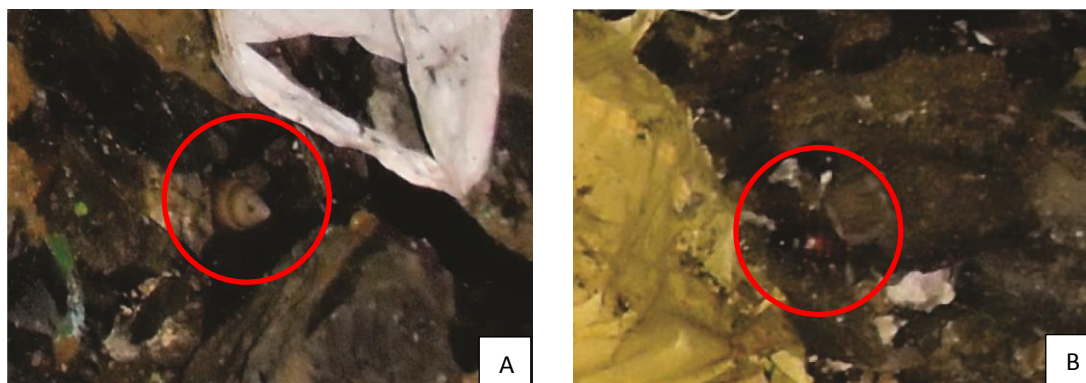
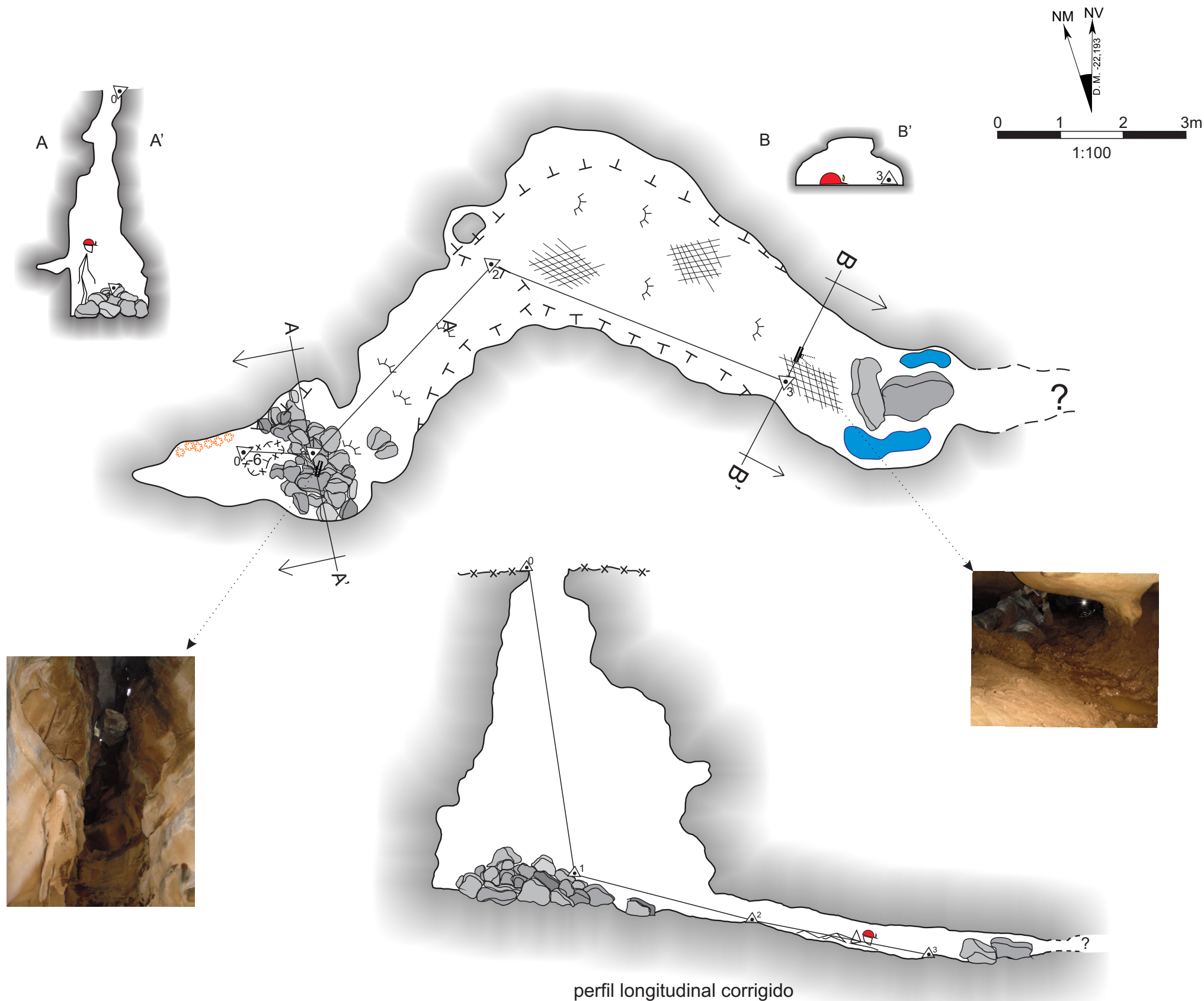


Figura 17. A e B) Exemplos de invertebrados encontrados na cavidade, ambos observados no lixo.

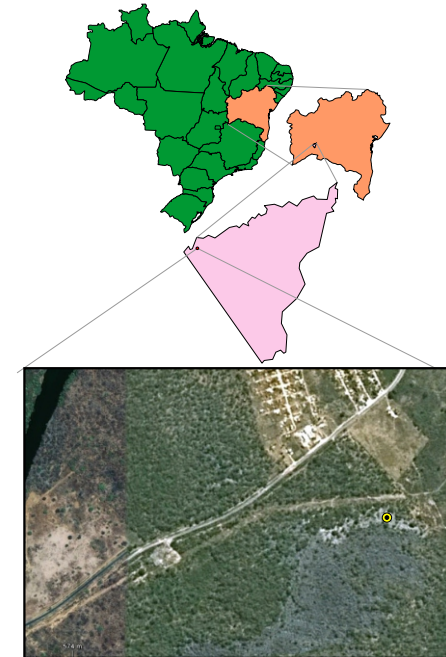
- **Visitação e Socioeconomia**

Assim como a PEA 0354, esta cavidade sofre impactos pela ação antrópica. Sua área de influência está sendo lavrada para a fabricação de blocos para calçamento, cuja mineração ilegal, realizada por locais, avança sobre a área da caverna.

Somado a este fator, foi constatado o uso irregular da caverna como depósito de lixo por parte das populações locais. Também foram observados vestígios de cultos religiosos afro-brasileiros em sua entrada.



LOCALIZAÇÃO



Município de São Felix do Coribe - BA
Coordenada UTM: (23L) 587,851 E / 8.516.363 N
Altitude: 470 m Datum: SAD-69

ENTRADA DA CAVERNA



DADOS TÉCNICOS

PEA-0358
MAPA ESPELEOTOPOGRAFICO 4D U.I.S.
Projeção Horizontal: 9,4 m
Desenvolvimento linear: 14,5 m
Desnível: 7,4 m
EQUIPE TOPOGRÁFICA
Tiago dos Anjos, Kariel Alexander, Gerly Joaquim
DIGITALIZAÇÃO E ARTE FINAL
Tiago dos Anjos, Adolpho Milhomem
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS
Bussola e Clinômetro Suunto
Trena Laser Bosch, Garmim GPSmap 60Csx



RES. TÉCN.

DATA:
11/2010

PÁGINA:
única

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|
| - Coralóide | - Teto Baixo | - Indicação de corte | - Contorno externo | - Base Topografica | - Escala vertical (1,80m) |
| - Barro | - Contorno da caverna | - Desníveis | - Entrada em abismo | - Água | |
| - Direção de Fotografia | - Linha de Visada | - Local não explorado | - Blocos | - Coluna de rocha | |

ANEXO 4.2.
PROJETO EXECUTIVO DE TERRAPLANAGEM

Projeto Executivo de Terraplanagem

ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A geomorfologia do trecho em questão é representada pelos Patamares dos Rios São Francisco/Tocantins, onde ocorrem morros testemunhos de corpos carbonáticos.

Acerca das informações geológicas regionais, este trecho corta unidades pertencentes ao Grupo Bambuí. Começando por rochas associadas ao Subgrupo Paraopeba indiviso, caracterizado por filitos, quartzitos e calcários. Logo em seguida, o trecho corta associações de litotipos pertencentes à base do Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas, caracterizados por calcarenitos e dolomitos, e pela Formação Serra de Santa Helena, caracterizada por ritmitos silte-arenoso e terrígenos associados. Nesta porção do traçado, parte do eixo encontra-se sobre as rochas da Formação Serra de Santa Helena, porém, uma importante parte do trecho está sobre rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas.

Tendo em vista o potencial espeleológico da Formação Sete Lagoas, bem como a condição da sua geomorfologia, esta porção do empreendimento foi classificada como tendo alto potencial para a ocorrência de cavernas, fato que é corroborado pelo já conhecido potencial cárstico do município de Santa Maria da Vitória (próximo da área de interesse).

Em São Felix do Coribe (área de interesse), encontram-se duas formações geológicas pertencentes ao Grupo Bambuí, a Formação basal Sete Lagoas e a Formação imediatamente superior: Serra de Santa Helena. A Formação Sete Lagoas é composta principalmente por rochas carbonáticas, contendo calcários e dolomitos em diferentes granulometrias. Também apresenta material terrígeno associado com folhelhos negros, margas, arenitos e siltitos, que pode inclusive estar intercalado com os carbonatos.

Já a Formação Serra de Santa Helena é composta principalmente por ritmitos de areia e silte com presença de micas detríticas, formando as regiões arrasadas e de baixa declividade associados aos morros testemunhos de carbonato. Também possui associações a folhelhos e margas, mas em menor quantidade, não apresentando características de condições formadoras de carste.

ASPECTOS GEOTÉCNICOS

Para a geotecnia, as rochas carbonatadas ou calcárias apresentam um comportamento peculiar e também diretamente relacionado à trama estrutural e geo-ambiente (cobertura edáfica, clima, etc.). As formas cársticas são muito variadas, sendo as mais importantes: as lapiás, as dolinas, os sumidouros, as úvalas, os poljés, as ressurgência, entre outras.

No traçado da variante, foram realizadas investigações de caracterização da subsuperfície no offset. Na zona onde é a formação Santa Helena, executou-se sondagens a percussão. Na zona que pertence à fronteira entre as formações Santa Helena e a formação Sete Lagoas, executaram-se sondagens Mistas. Na zona que pertencem somente à formação Sete Lagoas, executaram-se sondagens rotativas.

Determinou-se a resistência à compressão uniaxial da rocha calcária e o resultado de resistência à compressão caracterizou-se com a média de 67,4Mpa.

Considerando-se o resultado de resistência à compressão das amostras de calcário apresentado tendo resultado média de 67,4 MPa, a mesma enquadra-se dentro das médias apresentadas pela literatura técnica.

A tabela 1 apresenta resultados de estimativa de resistência à compressão de rocha através de valores de Is (Johnson e Degraff, 1994);

Tabela 1: estimativa de resistência à compressão de rocha através de valores de Is (Johnson e Degraff, 1994);

Tipo de Rocha	Is (Mpa)	Resistencia (Mpa)
Arenito fino	6,208	149
Arenito fino	3,458	83
Siltito	8,542	205
Calcário clástico	5,958	143
Calcário clástico	7,292	175
Calcário micrítico	5,583	134
Arenito médio	4	96
Arenito médio	2,5	60
Granito grosseiro	5,167	124

A tabela 2 apresenta valores de resistência à compressão de 3 tipos de amostras de calcários diferentes.

Tabela 2: Valores de resistência à compressão uniaxial, (Conde e al., 2004).

Valores de resistência à compressão uniaxial			
Tipo de rocha sc (MPa)			
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio
Calcário 1	43,8	145,5	111,5
Calcário 2	49,4	120,1	79,1
Calcário 3	46,5	99,9	84,5

Todos os resultados dos ensaios geotécnicos já realizados podem servir de orientação quanto à capacidade de carga da camada de solo e do maciço rochoso.

Neste sentido calculou-se a capacidade de carga do solo na zona 1, tomando-se os dados de sobrecarga de projeto. Neste trecho considerou-se que o greide passa em aterro variando entre 2 e 5 m de altura e largura de aterro de 8,20m. Neste caso, a incidência do bulbo de tensões atinge em máxima até 41 m de profundidade devido à largura do aterro e pela influência da sobrecarga no solo.

De acordo com a ***Solução de Osterberg para carga distribuída na forma de trapézio retangular em uma faixa de extensão infinita***, esta sobrecarga será facilmente resistida pelo terreno argiloso arenoso compacto que apresenta uma tensão admissível maior que 1200 kPa.

Em profundidade mais significativa como:

Sendo: b = media da largura do aterro; z = profundidade considerada no solo.

(a) Para 2m: tem $b/z = 2$

Tensão de peso próprio do solo: 36 kPa

Tensão do aterro: 90 kPa

Tensão da sobrecarga de projeto: 180 kPa

Peso específico considerado do solo: 18 kN/m³

$N_{spt}=30$ golpes: terá se uma tensão admissível σ_{adm} do solo de 0,447Mpa ou 447 kPa

Acréscimo de sobrecarga nesta profundidade é de: $270 \times 1,28 = 345,6$ kPa

Tensões totais atuantes no ponto: $345,6+36= 381,6$ kPa

As tensões totais atuantes no solo à profundidade de 2 m estão menores que a tensão admissível do solo nesta profundidade.

(b) Para 4,2m: tem se $b/z = 1$

Tensão de peso próprio do solo: 75,6 kPa

Tensão do aterro: 90 kPa

Tensão da sobrecarga de projeto: 180 kPa

Peso específico considerado do solo: 18kN/m³

Para $N_{spt}=34$ terá se uma tensão admissível σ_{adm} . do solo de 0,483Mpa ou 483 kPa

Acréscimo de sobrecarga nesta profundidade é de: $270 \times 0,92 = 248,4$ kPa

Tensões totais atuantes no ponto: $248,4+75,6= 324$ kPa

As tensões totais atuantes no solo à profundidade de 4 m estão menores que a tensão admissível do solo nesta profundidade em ordem de 33%.

Pode-se afirmar que a superfície do solo e a subsuperfície absorvem as cargas atuantes sem nenhuma alteração em seu estado de estabilidade.

Buscou-se no local o traçado do eixo da variante, evitando-se os pontos de subsidências e regiões de ocorrências de fendas de feições cársticas. O traçado adotado foi implantado em regiões com cobertura de solo, com rocha aflorada onde se observou estabilidade na superfície e na subsuperfície.

Determinou-se a capacidade de carga do solo do local e a mesma caracterizou-se com cargas admissíveis superiores às cargas atuantes no projeto em estudo.

Os estudos de caracterização geológica-geotécnicos do lote 6F está apresentado no projeto executivo da **Valec 80-RL-0600G-00-1000**.

TERRAPLENAGEM

O objetivo do Projeto Executivo de Terraplenagem é orientar os materiais do terraplenagem para construção do corpo estradal, fornecendo as respectivas distâncias médias de transporte de cada movimento.

As origens de todos os movimentos de massas são identificadas, quanto ao tipo de escavação, como: cortes, caixas de empréstimo, alargamentos, remoções, rebaixos em solo ou rocha; bem como - o destino desses materiais: aterros, reposição de materiais em remoções ou rebaixos, bota-foras etc. Nele, os volumes dos materiais nos cortes são classificados por categoria, distinguindo os solos dos materiais pétreos (1ª, 2ª ou 3ª categoria), e quantificados os volumes dos aterros.

No segmento estudado do Km 711+400 ao Km 716+990, no variante das cavernas, projetou-se a construção do corpo estradal sobre aterro de solo compactado para atingir as capacidades de suporte, com CBR > 2% para o corpo de aterro e CBR > 8% para as

camadas finais. A constituição dos aterros, indicando a origem dos materiais a serem empregados nas diversas camadas e o grau da compactação a ser observado está estabelecido conforme a tabela 3. Ressalta-se conforme a tabela 3 que todo o material aplicado para a construção do aterro vem de fora da área da variante, indicando a ausência de corte de material ou área de empréstimo neste referido segmento.

A localização das jazidas e a área de empréstimo de material mais próxima deste segmento estão há aproximadamente 24 km de distância. O diagrama linear apresentado (Anexo 4.5) mostra a localização de todas as áreas de empréstimo e as jazidas de material em relação à localização dos segmentos onde estão as cavidades naturais estudadas.

Tabela 3 : Quadro de distribuição de Terraplenagem para o segmento da variante das cavernas.

ORIGEM (ESCAVAÇÃO E CARGA)							DESTINO (COMPACTAÇÃO)			
CORTE (C), CORTE ALARGADO (CA), EMPRÉSTIMO (E) ou REMOÇÃO (R)	ESTACA		VALORES AUXILIARES (m³)				ATERRO/COMPENSAÇÃO LATERAL (A xxx (CL)), ATERRO (A), BOTA FORA (BF) ou REMOÇÃO (R)	ESTACA		VOLUME TOTAL
	INICIAL	FINAL	VOLUME EQUIVALENTE (V _{ei} = V _{gi} /f _i)					INICIAL	FINAL	
			Total	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.				
				1,30	1,15	0,90				
COLUNA 1	COLUNA 2	COLUNA 3	COLUNA 8	COLUNA 9	COLUNA 10	COLUNA 11	COLUNA 12	COLUNA 13	COLUNA 13	COLUNA 14
C 095	715+410	715+490	43,93	43,93	0,00	0,00	A 105	711+670	712+150	43,93
C 096	718+410	718+490	59,56	59,56	0,00	0,00				59,56
C 097	720+490	720+570	133,18	133,18	0,00	0,00				133,18
CA 098	720+730	721+350	37.886,98	37.886,98	0,00	0,00				4100,46
			33.786,52	33.786,52	0,00	0,00	A 108	712+430	712+550	666,96
			33.119,56	33.119,56	0,00	0,00	A 110	712+630	717+343	33119,56
C 099	721+430	721+610	1.802,63	1.613,24	189,39	0,00				1613,24
CA 101	722+130	723+130	289.965,56	93.705,56	196.260,00	0,00				93705,56
C 102	725+170	725+490	3.008,55	2.637,07	371,48	0,00				2637,07
C 103	727+210	727+290	160,25	160,25	0,00	0,00				160,25
C 104	727+410	727+550	1.401,32	1.401,32	0,00	0,00				1401,32
C 105	728+170	729+370	14.041,49	14.041,49	0,00	0,00				14041,49
C 106	729+490	729+650	2.279,89	2.279,89	0,00	0,00				2279,89
C 107	729+790	730+190	8.375,46	7.792,33	583,13	0,00				7792,33
C 108	730+390	730+870	5.214,78	3.329,21	1.885,57	0,00				3329,21
C 109	731+270	731+350	901,58	901,58	0,00	0,00				901,58
C 110	731+370	732+450	45.235,72	45.235,72	0,00	0,00				2767,41
C 099	721+470	721+590	189,39	0,00	189,39	0,00	A 110 (2ª Cat)	716+650	717+343	189,39
CA 101	722+130	723+130	196.260,00	0,00	196.260,00	0,00		712+670	715+410	196260,00
C 102	725+230	725+450	371,48	0,00	371,48	0,00		716+650	717+343	371,48
C 107	729+870	729+930	583,13	0,00	583,13	0,00				583,13
C 108	730+690	730+870	1.885,57	0,00	1.885,57	0,00				1885,57
C 110	731+370	732+450	42.468,31	42.468,31	0,00	0,00	A 111	716+990	718+450	42468,31
C 111	736+590	736+990	18.849,87	18.849,87	0,00	0,00				5010,52

As seções transversais estão apresentadas em detalhes na planta geométrica, destacando-se a variação de altura. No segmento onde a altura do talude de aterro ultrapassa 8 metros, implanta-se uma banquetta como largura mínima de 4 metros e inclinação de 3% no sentido a partir do eixo do aterro.

Verificações quanto à estabilidade do talude são feitas a fim de garantir uma margem de segurança quanto à estabilidade de no mínimo 50% ou mais. Todos os estudos de estabilidade de talude atenderam à segurança.

Em virtude da adoção de redução de faixa de domínio no trecho de implantação, o projeto contempla que os caminhos de serviços para o transporte de material para construção dos aterros, deverão ficar localizados e delimitados de forma a não afetar as áreas de conservação.

ANEXO 4.3.
DESCRITIVO DE DRENAGEM

Descritivo de Drenagem

Projeto de Drenagem Superficial

O Projeto de Drenagem Superficial teve por objetivo o estudo e pré-dimensionamento dos dispositivos capazes de captar e conduzir adequadamente as águas superficiais de modo a preservar a estrutura da via, bem como possibilitar sua operação durante a incidência de precipitações mais intensas.

Desta forma, os trabalhos desenvolvidos abordaram, basicamente, o dimensionamento dos seguintes dispositivos:

- Sarjetas de aterro
- Valetas de proteção para cortes e aterros
- Sarjetas de corte; e
- Sarjeta das banquetas de corte e aterro

Dimensionamento das Sarjetas de Aterro

Na borda da plataforma de aterro foram indicadas sarjetas de concreto com forma triangular ou retangular, moldadas “in loco”, para evitar que a água precipitada sobre a plataforma escoe pelo talude.

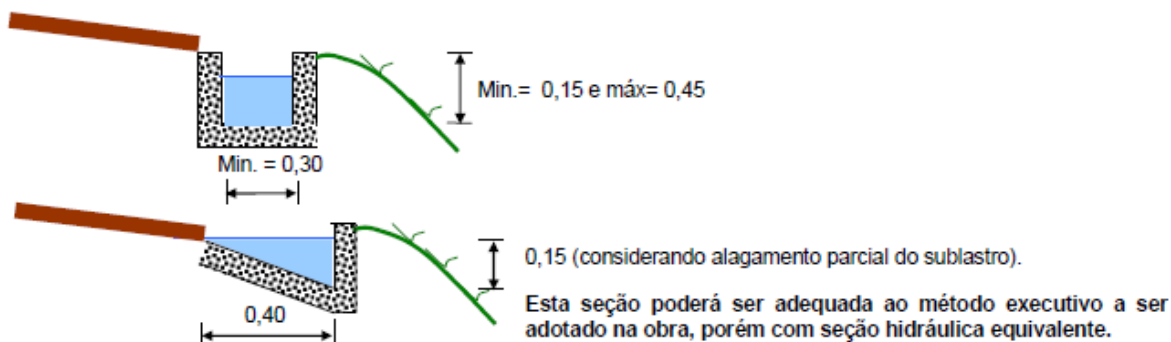
A seção retangular indicada foi 0,3m x 0,3m, para greides inferiores a 0,40%. Nos greides em nível ou inferiores a 0,30% a altura mínima inicial será 0,15m e a máxima será 0,45m.

No caso do greide com inclinação igual a 0,0% foi utilizado o recurso de criar-se um ponto alto em determinados pontos, variando-se a altura do dispositivo para alcançarmos a inclinação de 0,30%, valor mínimo adotado para as sarjetas. Cabe citar que, o uso deste recurso reduziu o número de saídas d'água ao longo das sarjetas de aterro nos locais com greide em nível (0,0%).

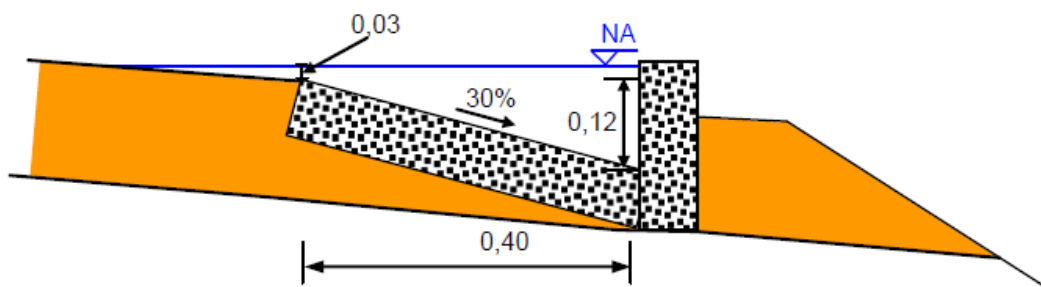
A seção triangular será normalmente utilizada nos greides iguais ou superiores a 0,40%.

Quando ocorrer a superação da capacidade hidráulica do dispositivo ou nos pontos baixos, o deságüe será feito através de saídas d'água acopladas a descidas d'água em degraus ou lisas (tipo rápidos), conforme a descarga afluyente.

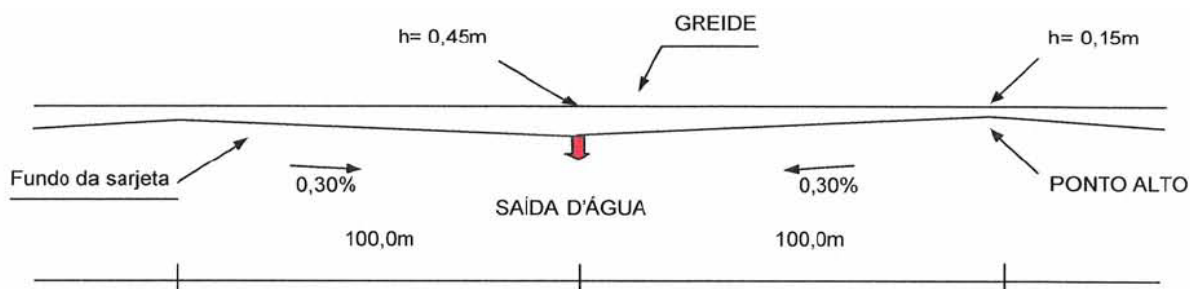
As seções tipo estudadas foram:



Seção proposta para sarjeta triangular:



As sarjetas retangulares serão também utilizadas na necessidade de grandes comprimentos críticos. Isto ocorre com o objetivo de reduzir a introdução de descidas d'água, e por conseqüência, o custo. No caso de greide igual a 0,00%, deverá ser adotado, para o caso de sarjetas retangulares o seguinte esquema:



Para efetuar os cálculos hidráulicos que definiram a capacidade de escoamento de cada dispositivo e o estabelecimento do espaçamento das saídas d'água foi empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times A \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Sendo:

- $n = 0,015$ – dispositivos em concreto
- A = área molhada em m^2
- R_h = Raio hidráulico (área/perímetro molhado)
- I = declividade do dispositivo em m/m, mínimo considerado = 0,003m/m

Para cálculo da descarga afluente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = 0,00278 \times A_d \times C \times I$$

Sendo:

- Intensidade de projeto para um tempo de concentração de 6min para um tempo de recorrência de 10 anos para o Posto de Chuva Iguatemi. Adotou-se tal posto pluviométrico em razão ser mais representativo e apresentar maior criticidade.
- Coeficiente de escoamento = 0,90
- Área de contribuição calculada considerando a semi-plataforma acabada + largura do dispositivo, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide. Considerou-se as seguintes larguras para a semi-plataforma de ferrovia:

ALTURA DO ATERRO (m)	SEMI-PLATAFORMA DE FERROVIA(m)
$h \leq 12,0$	4,10
$12,0 < h \leq 18,0$	4,35
$18,0 < h \leq 26,0$	4,60
$26,0 < h \leq 34,0$	4,85
$34,0 < h \leq 42,0$	5,10

Para declividades do greide entre 0,0% e 0,30% os comprimentos calculados para as Sarjetas Retangulares em Concreto (SRC), considerando a profundidade inicial de 15cm e a profundidade final de 45cm, foram os seguintes:

DECLIVIDADE (%)	COMPRIMENTO (m)
0,00	100,0
0,05	120,00
0,10	150,00
0,15	200,00
0,20	300,00
0,25	600,00

Os comprimentos críticos ou espaçamentos máximos calculados e adotados entre saídas d' água para as sarjetas triangulares e retangulares, para declividades do greide variando de 0,3 a 1,5%, podem ser vistas nas tabelas apresentadas a seguir.

i (m/m)	COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA TRIANGULAR (m)				
	h≤12,0	12,0<h≤18,0	18,0<h≤26,0	26,0<h≤34,0	34,0<h≤42,0
0,003	89,4	84,3	79,7	75,6	71,9
0,004	103,3	97,3	92,1	87,3	83,0
0,005	115,5	108,8	102,9	97,6	92,8
0,006	126,5	119,2	112,7	106,9	101,7
0,007	136,6	128,8	121,8	115,5	109,8
0,008	146,1	137,7	130,2	123,5	117,4
0,009	154,9	146,0	138,1	131,0	124,5
0,010	163,3	153,9	145,6	138,1	131,3
0,011	171,3	161,4	152,7	144,8	137,7
0,012	178,9	168,6	159,4	151,2	143,8
0,013	186,2	175,5	166,0	157,4	149,7
0,014	193,2	182,1	172,2	163,3	155,3
0,015	200,0	188,5	178,3	169,1	160,8

i (m/m)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR (m) B=30cm; L=30cm				
	h≤12,0	12,0<h≤18,0	18,0<h≤26,0	26,0<h≤34,0	34,0<h≤42,0
0,003	485,26	457,4	432,5	410,2	390,1
0,0035	524,14	494,0	467,2	443,1	421,4
0,004	560,3	528,1	499,4	473,7	450,5
0,005	626,5	590,5	558,4	529,6	503,6
0,006	686,3	646,8	611,7	580,1	551,7
0,007	741,2	698,6	660,7	626,6	595,9
0,008	792,4	746,9	706,3	669,9	637,0
0,009	840,5	792,2	749,1	710,5	675,7
0,010	886,0	835,0	789,7	748,9	712,2
0,011	929,2	875,8	828,2	785,5	747,0
0,012	970,5	914,7	865,0	820,4	780,2
0,013	1010,1	952,1	900,3	853,9	812,1
0,014	1048,3	988,0	934,3	886,2	842,7
0,015	1085,1	1022,7	967,1	917,3	872,3

Os parâmetros utilizados no dimensionamento da capacidade hidráulica e comprimento crítico foram:

- Área Molhada da Sarjeta: $0,090 \text{ m}^2$;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: $0,90 \text{ m}$;
- Raio Hidráulico: $0,100 \text{ m}$
- Coeficiente de Rugosidade de Manning:
 - Concreto: $0,015$
- Tempo de Concentração: 6 minutos;
- Posto de Chuva: Iguatemi;
- Intensidade de Precipitação (10 anos): $14,235 \text{ cm/h}$;
- Coeficiente de Escoamento (Runnof): $0,90$;
- Largura de Contribuição: $(4,10 \text{ a } 5,10)$;

Apesar do menor espaçamento entre as saídas d'água, tem sido adotada na ferrovia a sarjeta triangular pela facilidade de execução, manutenção e limpeza.

A sarjeta retangular ficou restrita às seguintes situações: 1) nos trechos onde o greide da ferrovia é inferior ao mínimo estabelecido para a declividade de fundo do dispositivo ($0,30\%$), exigindo assim que haja variação na altura do mesmo e 2) greides inferiores a $0,40\%$; 3) nos trechos em aterros com grandes comprimentos, a fim de reduzir a quantidades de descidas.

Cabe ressaltar que em alguns casos de aterros altos, mesmo em greides superiores a $0,40\%$, foram indicadas sarjetas retangulares para reduzir o número de descidas d'água no aterro, minimizando desta forma o risco de possíveis erosões nos taludes.

No local em que ocorreria a superação hidráulica das sarjetas foram previstas saídas d'água acopladas as descidas d'água do tipo rápido (canal retangular sem degraus) para taludes com altura máxima de $6,0\text{m}$, e descidas d'água em degraus no caso de aterros com altura superior a este valor já que isto possibilita a perda de energia até o deságüe no terreno natural. Independentemente do tipo adotado e desde que o deságüe esteja previsto no terreno natural foram previstos dissipadores de energia.

Dimensionamento das Sarjetas de Corte

Nos cortes são indicados dois tipos de soluções a saber:

- sarjeta triangular executada durante a terraplenagem, com revestimento vegetal ou de concreto;
- sarjeta retangular com o uso de revestimento em concreto para cortes em rocha;
- sarjeta retangular com o uso de revestimento em concreto para vazões elevadas.

A adoção das seções tipo destes dispositivos devem atender aos comprimentos críticos dimensionados, às extensões dos cortes, bem como à prévia escolha das mais adequadas posições de deságue, saídas laterais, de sarjetas e/ou descidas d'água. Em alguns casos foi indicado o deságue nos bueiros de greide ou de grotá.

As declividades longitudinais previstas para as sarjetas de corte foram, sempre que possível, iguais às do greide.

Devido as baixas declividades do greide da ferrovia e a reduzida área de contribuição, foi indicado para a quase totalidade do trecho em estudo, sarjeta em solo com revestimento em grama.

Para efetuar os cálculos hidráulicos que definiram a capacidade de escoamento dos dispositivos e ainda o estabelecimento do comprimento crítico, foi empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times A \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Sendo:

- n = Coeficiente de Rugosidade
- A = área molhada em m^2
- R_h = Raio hidráulico (área/perímetro molhado)
- I = declividade do dispositivo em m/m, mínimo considerado = 0,003m/m

Para cálculo da descarga afluente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = 0,00278 A_d \times C \times I$$

Sendo:

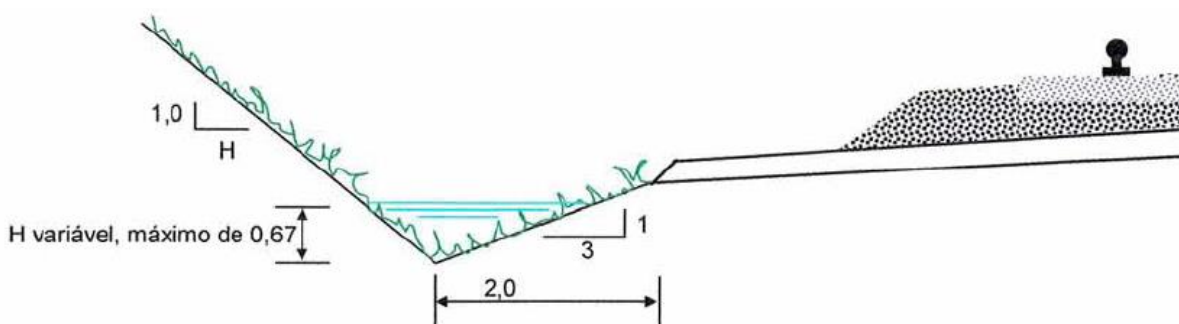
- Intensidade de projeto para um tempo de concentração de 6min e um tempo de recorrência de 10 anos.
- Coeficiente de escoamento Superficial
- Área de contribuição calculada considerando a semi-plataforma acabada + largura do dispositivo + projeção do talude corte, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide.

a. Sarjetas Triangulares

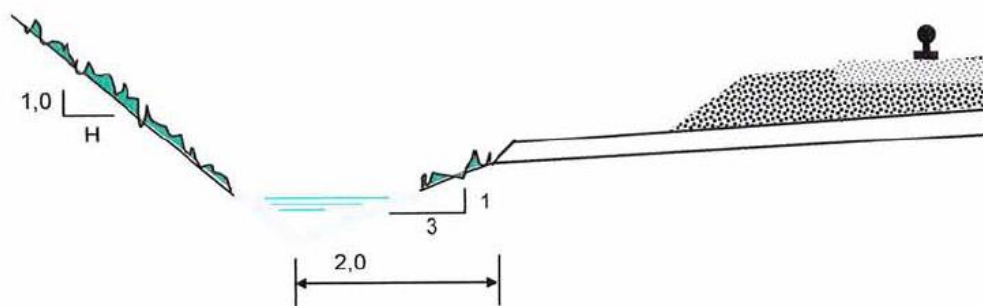
As sarjetas triangulares serão aplicadas de forma corrente, quando seu objetivo for escoar as águas precipitadas na plataforma e nos taludes, numa extensão que não supere a sua capacidade hidráulica e a velocidade permissível para o revestimento aplicado.

Para os segmentos mais longos e com velocidades superiores a 1,8 m/s, valor considerado como limite para dispositivos revestidos em grama e com escoamentos intermitentes, foi indicada a execução de revestimento em concreto.

SEÇÃO TIPO – Sarjeta de Grama (STG)



SEÇÃO TIPO – Sarjeta de Concreto (STC)



A declividade mínima considerada foi de 0,003m/m. Nos casos em que o greide da ferrovia é menor que este valor, a profundidade da sarjeta será variável até uma altura máxima de 0,80m, podendo iniciar a sarjeta com uma altura de 0,30m.

Na tabela apresentada a seguir está apresentada a capacidade hidráulica das sarjetas triangulares.

I (m/m)	Velocidade (m/s)		Vazão (m³/s)	
	GRAMA	CONCRETO	GRAMA	CONCRETO
0,003	0,99	1,65	0,88	1,47
0,004	1,14	1,90	1,02	1,70
0,005	1,28	2,13	1,14	1,90
0,006	1,40	2,33	1,25	2,08
0,007	1,51	2,52	1,35	2,24
0,008	1,62	2,69	1,44	2,40
0,009	1,71	2,86	1,53	2,54
0,010	1,81	3,01	1,61	2,68
0,011	1,90	3,16	1,69	2,81
0,012	1,98	3,30	1,76	2,94
0,013	2,06	3,43	1,83	3,06
0,014	2,14	3,56	1,90	3,17
0,015	2,21	3,69	1,97	3,28

Os parâmetros utilizados no dimensionamento da capacidade hidráulica e comprimento crítico foram:

- Área Molhada da Sarjeta: em concreto 0,890 m²; em grama 1,010 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: em concreto 3,050 m; em grama 3,326 m;
- Raio Hidráulico: em concreto 0,292 m; em grama 0,304;
- Coeficiente de Rugosidade de Manning:
 - Concreto: 0,015
 - Grama: 0,025
- Tempo de Concentração: 6 minutos;
- Posto de Chuva: Iguatemi;
- Intensidade de Precipitação (10 anos): 14,235 cm/h;
- Coeficiente de Escoamento (Runoff): 0,90;
- Largura de Contribuição: $(2,00 + 3,85 + H \text{ corte} \times 1,0)$;
- Coeficiente de Escoamento do Talude: 0,90;
- Área de Contribuição: $(5,85 + H \text{ corte}) \times L \text{ crítico}$.

Nas tabelas apresentadas a seguir estão os comprimentos críticos para sarjetas triangulares com revestimento de grama e em concreto. As tabelas estão em função da declividade longitudinal, que varia de 0,30% (mínima exigida para a drenagem) a 1,50%

(máxima adotado no greide longitudinal) e em função da altura de corte variando de 1,00 a 10,0m, e um valor máximo de $NA = 0,67m$ (funcionamento em seção plena).

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA TRIANGULAR DE GRAMA (m)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	0,99	4101	3579	3174	2852	2589	2371	2186	2028
0,004	1,14	4735	4132	3665	3293	2990	2737	2524	2342
0,005	1,28	5294	4620	4098	3682	3343	3060	2822	2619
0,006	1,40	5800	5061	4489	4033	3662	3353	3092	2868
0,007	1,51	6264	5466	4849	4356	3955	3621	3339	3098
0,008	1,62	6697	5844	5184	4657	4228	3871	3570	3312
0,009	1,71	7103	6198	5498	4940	4485	4106	3787	3513
0,010	1,81	7487	6534	5795	5207	4727	4328	3991	3703
0,011	1,90	7853	6853	6078	5461	4958	4539	4186	3884
0,012	1,98	8202	7157	6348	5704	5178	4741	4372	4057
0,013	2,06	8537	7449	6608	5937	5390	4935	4551	4222
0,014	2,14	8859	7731	6857	6161	5593	5121	4723	4382
0,015	2,21	9170	8002	7098	6377	5789	5301	4888	4535

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO (m)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	1,65	6023	5256	4662	4189	3803	3482	3211	2979
0,004	1,90	6955	6069	5383	4837	4391	4020	3707	3440
0,005	2,13	7776	6785	6018	5407	4909	4495	4145	3846
0,006	2,33	8518	7433	6593	5924	5378	4924	4541	4213
0,007	2,52	9200	8028	7121	6398	5808	5318	4904	4550
0,008	2,69	9835	8583	7613	6840	6209	5685	5243	4864
0,009	2,86	10432	9103	8075	7255	6586	6030	5561	5160
0,010	3,01	10996	9596	8511	7647	6942	6357	5862	5439
0,011	3,16	11533	10064	8927	8020	7281	6667	6148	5704
0,012	3,30	12046	10511	9324	8377	7605	6963	6421	5958
0,013	3,43	12538	10941	9704	8719	7916	7248	6684	6201
0,014	3,56	13011	11354	10071	9048	8214	7521	6936	6435
0,015	3,69	13468	11752	10424	9366	8503	7785	7179	6661

b. Sarjetas Retangulares em Concreto (SRC)

Nos casos de deságüe de descidas d'água na sarjeta de corte, o dimensionamento da sarjeta considerou este acréscimo de descarga, sendo indicado em alguns casos sarjetas retangulares em concreto.

Nos cortes em rocha, a fim de minimizar os volumes de escavação e, consequentemente, em função da pequena largura entre o final do greide e o pé do talude

de corte (aproximadamente 1,00m), adotou-se sarjetas retangulares de concreto com base de 0,40 m por altura de 0,30m.

Os parâmetros utilizados no dimensionamento foram os mesmos da sarjeta triangular, com exceção dos parâmetros hidráulicos: área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico. A largura da semi-plataforma de terraplanagem alterou também para $L=(1,00 + 3,10 + H \text{ corte})$.

Na tabela apresentada a seguir são apresentados os comprimentos críticos para sarjetas retangulares de 0,40m x 0,30m (B:H) com revestimento em concreto. A tabela está em função da declividade longitudinal, que varia de 0,30% (mínima exigida para a drenagem) a 1,50% (máxima adotado no greide longitudinal) e em função da altura de corte variando de 1,00 a 10,0m, e um valor máximo de $NA = 0,30m$ (funcionamento em seção plena).

A declividade mínima considerada foi de 0,003m/m. Nos casos em que o greide da ferrovia é menor que este valor, a profundidade da sarjeta será variável até uma altura máxima de 0,80m, podendo iniciar a sarjeta com uma altura de 0,30m.

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (m) B=0,40m H=0,30m							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	0,94	566	487	427	380	342	311	286	264
0,004	1,08	654	562	493	438	395	359	330	305
0,005	1,21	731	628	551	490	442	402	369	341
0,006	1,33	801	688	603	537	484	440	404	373
0,007	1,43	865	743	652	580	523	475	436	403
0,008	1,53	925	795	697	620	559	508	466	431
0,009	1,62	981	843	739	658	593	539	495	457
0,010	1,71	1034	888	779	693	625	568	521	482
0,011	1,79	1085	932	817	727	655	596	547	505
0,012	1,87	1133	973	853	759	684	623	571	528
0,013	1,95	1179	1013	888	790	712	648	594	549
0,014	2,02	1224	1051	921	820	739	672	617	570
0,015	2,10	1267	1088	954	849	765	696	639	590

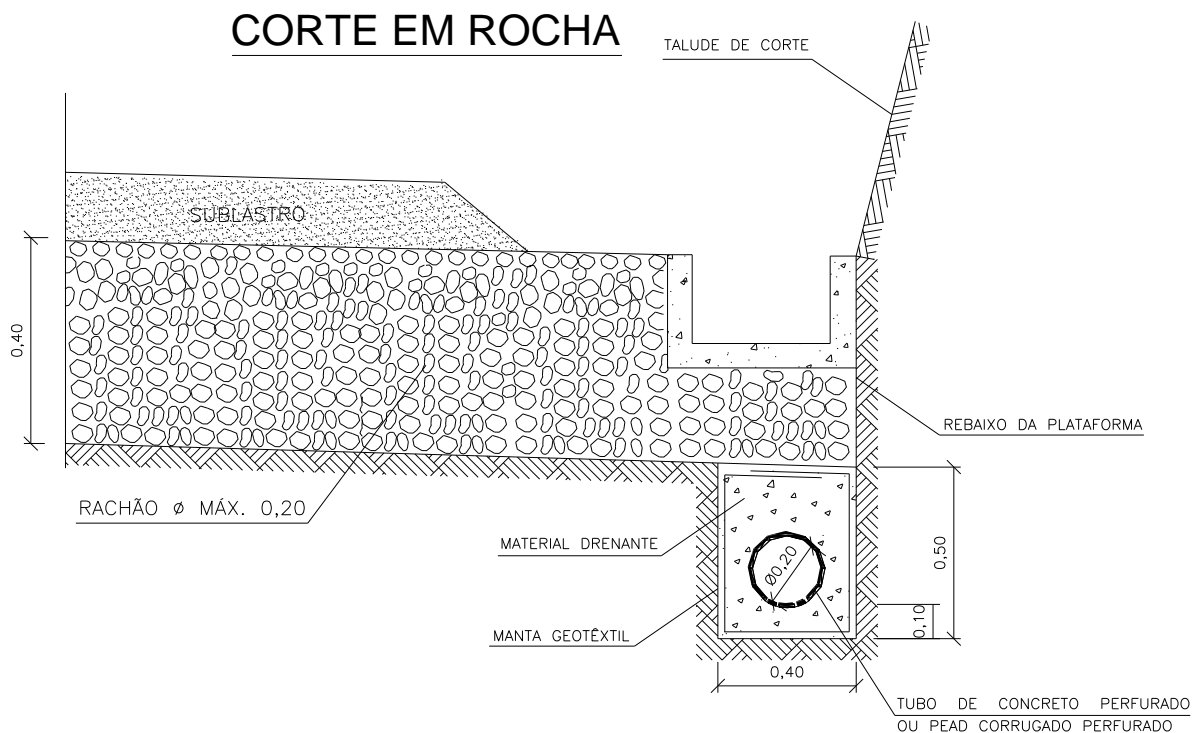
Os parâmetros utilizados no dimensionamento da capacidade hidráulica e comprimento crítico foram:

- Área Molhada da Sarjeta: 0,131 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 1,009 m;
- Raio Hidráulico: 0,130 m;

- Coeficiente de Rugosidade de Manning:
 - Concreto: 0,015
- Tempo de Concentração: 6 minutos;
- Posto de Chuva: Iguatemi;
- Intensidade de Precipitação (10 anos): 14,235 cm/h;
- Coeficiente de Escoamento (Runnof): 0,90;
- Largura de Contribuição: $(5,10 + H \text{ corte} \times 1,0)$;
- Área de Contribuição: $(5,85 + H \text{ corte}) \times L \text{ crítico}$.
- Coeficiente de Escoamento do Talude: 0,90;

c. Sarjetas Retangulares de Concreto Especiais (SRC-E)

Por fim, em casos especiais em que existe o deságüe de talvegues diretamente nas sarjetas, ou estas apresentarem capacidade hidráulica inferior à vazão de projeto calculada, serão utilizadas seções retangulares de concreto com dimensões especiais, as quais serão indicadas nas notas de serviço e no projeto.



d. Deságüe das Sarjetas

Na saída dos cortes a sarjeta deverá desaguar em um canal o qual deverá ser dimensionado imediatamente após a conclusão do corte e deverá ter seção compatível com a descarga afluyente e de acordo com a declividade do terreno, devendo ser verificada a velocidade do escoamento, para determinar o tipo de revestimento a ser adotado.

Se não for possível o deságüe deste canal de descarga em um talvegue natural ou canal de descarga de algum bueiro, deverá ser executado dissipador de energia de pedra argamassada, associado a bacia de infiltração, ou outros tipos de dispositivos de redução de velocidade.

Os parâmetros constantes para todos os tipos de sarjetas retangulares utilizados no dimensionamento da capacidade hidráulica e comprimento crítico foram:

- Coeficiente de Rugosidade de Manning:
 - Concreto: 0,015
- Tempo de Concentração: 6 minutos;
- Posto de Chuva: Iguatemi;
- Intensidade de Precipitação (10 anos): 14,235 cm/h;
- Coeficiente de Escoamento (Runnof): 0,90;
- Largura de Contribuição: $(5,10 + H \text{ corte} \times 1,0)$;
- Área de Contribuição: $(5,85 + H \text{ corte}) \times L \text{ crítico}$.
- Coeficiente de Escoamento do Talude: 0,90;

Os parâmetros variáveis estão listados acima de cada tabela do comprimento crítico:

- Área Molhada da Sarjeta: 0,120 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 1,000 m;
- Raio Hidráulico: 0,120 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (0,4X0,30m)									
		Altura de Corte (m)									
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,003	0,89	491	422	370	329	297	270	248	229	212	198
0,004	1,03	567	487	427	380	342	312	286	264	245	229
0,005	1,15	634	545	477	425	383	348	320	295	274	256
0,006	1,26	694	597	523	466	419	382	350	323	300	281
0,007	1,36	750	644	565	503	453	412	378	349	325	303
0,008	1,45	802	689	604	538	484	441	404	373	347	324
0,009	1,54	851	731	641	570	514	467	429	396	368	344
0,010	1,62	897	770	675	601	542	493	452	417	388	362
0,011	1,70	940	808	708	630	568	517	474	438	407	380
0,012	1,78	982	844	740	658	593	540	495	457	425	397
0,013	1,85	1022	878	770	685	617	562	515	476	442	413
0,014	1,92	1061	911	799	711	641	583	535	494	459	429
0,015	1,99	1098	943	827	736	663	603	554	511	475	444

- Área Molhada da Sarjeta: 0,160 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 1,200 m;
- Raio Hidráulico: 0,133 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (0,4X0,4m)									
		Altura de Corte (m)									
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,003	0,95	702	603	529	471	424	386	354	327	304	284
0,004	1,10	811	697	611	544	490	446	409	378	351	328
0,005	1,23	907	779	683	608	548	498	457	422	392	366
0,006	1,35	993	853	748	666	600	546	501	463	430	401
0,007	1,46	1073	922	808	719	648	590	541	500	464	433
0,008	1,56	1147	985	864	769	693	630	578	534	496	463
0,009	1,65	1217	1045	916	816	735	669	613	567	526	491
0,010	1,74	1282	1102	966	860	775	705	647	597	555	518
0,011	1,82	1345	1156	1013	902	812	739	678	626	582	543
0,012	1,91	1405	1207	1058	942	848	772	708	654	608	568
0,013	1,98	1462	1256	1101	980	883	804	737	681	633	591
0,014	2,06	1517	1304	1143	1017	916	834	765	707	656	613
0,015	2,13	1571	1349	1183	1053	949	863	792	731	680	635

- Área Molhada da Sarjeta: 0,200 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 1,300 m;
- Raio Hidráulico: 0,154 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (0,50x0,4m)									
		Altura de Corte (m)									
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,003	1,05	966	830	727	647	583	531	487	450	418	390
0,004	1,21	1115	958	840	748	674	613	562	519	483	451
0,005	1,35	1247	1071	939	836	753	685	629	581	539	504
0,006	1,48	1366	1174	1029	916	825	751	689	636	591	552
0,007	1,60	1475	1268	1111	989	891	811	744	687	638	596
0,008	1,71	1577	1355	1188	1057	953	867	795	734	682	637
0,009	1,82	1673	1437	1260	1121	1010	919	843	779	724	676
0,010	1,91	1764	1515	1328	1182	1065	969	889	821	763	712
0,011	2,01	1850	1589	1393	1240	1117	1016	932	861	800	747
0,012	2,10	1932	1660	1455	1295	1167	1062	974	900	836	780
0,013	2,18	2011	1728	1514	1348	1214	1105	1014	936	870	812
0,014	2,26	2087	1793	1571	1399	1260	1147	1052	972	903	843
0,015	2,34	2160	1856	1627	1448	1304	1187	1089	1006	934	873

- Área Molhada da Sarjeta: 0,300 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 1,600 m;
- Raio Hidráulico: 0,188 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (0,6X0,5m)									
		Altura de Corte (m)									
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,003	1,20	1653	1420	1245	1108	998	908	833	770	715	668
0,004	1,38	1909	1640	1438	1280	1153	1049	962	889	826	771
0,005	1,54	2134	1834	1607	1431	1289	1173	1076	994	923	862
0,006	1,69	2338	2009	1761	1567	1412	1285	1179	1089	1011	944
0,007	1,83	2525	2170	1902	1693	1525	1388	1273	1176	1092	1020
0,008	1,95	2700	2319	2033	1810	1630	1484	1361	1257	1168	1091
0,009	2,07	2863	2460	2156	1919	1729	1574	1443	1333	1239	1157
0,010	2,18	3018	2593	2273	2023	1823	1659	1522	1405	1306	1219
0,011	2,29	3165	2720	2384	2122	1912	1740	1596	1474	1369	1279
0,012	2,39	3306	2841	2490	2216	1997	1817	1667	1540	1430	1336
0,013	2,49	3441	2957	2592	2307	2078	1891	1735	1602	1489	1390
0,014	2,58	3571	3068	2689	2394	2157	1963	1800	1663	1545	1443
0,015	2,67	3696	3176	2784	2478	2233	2031	1864	1721	1599	1493

- Área Molhada da Sarjeta: 0,480 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 2,000 m;
- Raio Hidráulico: 0,240 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (0,8X0,6m)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	1,41	3118	2679	2348	2090	1883	1714	1572	1452
0,004	1,63	3601	3093	2712	2414	2175	1979	1815	1677
0,005	1,82	4026	3459	3032	2698	2431	2212	2029	1874
0,006	1,99	4410	3789	3321	2956	2663	2423	2223	2053
0,007	2,15	4763	4092	3587	3193	2877	2618	2401	2218
0,008	2,30	5092	4375	3835	3413	3075	2798	2567	2371
0,009	2,44	5401	4640	4067	3620	3262	2968	2723	2515
0,010	2,57	5693	4891	4287	3816	3438	3129	2870	2651
0,011	2,70	5971	5130	4497	4002	3606	3281	3010	2780
0,012	2,82	6236	5358	4696	4180	3766	3427	3144	2904
0,013	2,94	6491	5577	4888	4351	3920	3567	3272	3023
0,014	3,05	6736	5787	5073	4515	4068	3702	3396	3137
0,015	3,15	6972	5990	5251	4674	4211	3832	3515	3247

- Área Molhada da Sarjeta: 0,800 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 2,600 m;
- Raio Hidráulico: 0,308 m;

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA RETANGULAR DE CONCRETO (1,0x0,8m)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	1,66	6133	5269	4619	4111	3704	3370	3092	2856
0,004	1,92	7082	6084	5333	4747	4277	3892	3570	3298
0,005	2,15	7918	6803	5963	5308	4782	4351	3992	3687
0,006	2,35	8674	7452	6532	5814	5238	4767	4373	4039
0,007	2,54	9369	8049	7055	6280	5658	5148	4723	4362
0,008	2,72	10015	8605	7542	6714	6049	5504	5049	4664
0,009	2,88	10623	9127	8000	7121	6416	5838	5355	4947
0,010	3,04	11198	9620	8433	7506	6763	6154	5645	5214
0,011	3,19	11744	10090	8844	7872	7093	6454	5921	5469
0,012	3,33	12266	10539	9238	8222	7408	6741	6184	5712
0,013	3,46	12767	10969	9615	8558	7711	7016	6436	5945
0,014	3,60	13249	11383	9978	8881	8002	7281	6679	6169
0,015	3,72	13714	11783	10328	9193	8283	7537	6914	6386

Dimensionamento das Valetas de Proteção de Cortes e Aterros

As valetas de proteção foram usadas nas cristas de cortes e nos pés de aterros onde as condições de escoamento superficial apresentaram-se propensas à erosão dos taludes.

Estas valetas irão receber os deflúvios e encaminhá-los para os pontos de deságüe tecnicamente mais recomendáveis. O alinhamento destas valetas deverá acompanhar a linha dos off-sets dos cortes ou dos aterros, da qual deverá manter um afastamento mínimo de 3,00 m.

A implantação das valetas deverá ser realizada através de escavação no terreno natural, sendo o material resultante desta escavação depositado e compactado entre a valeta e a crista do corte, no caso da valeta de proteção de corte, e depositado e compactado junto ao pé do talude, no caso de valeta de pé de aterro.

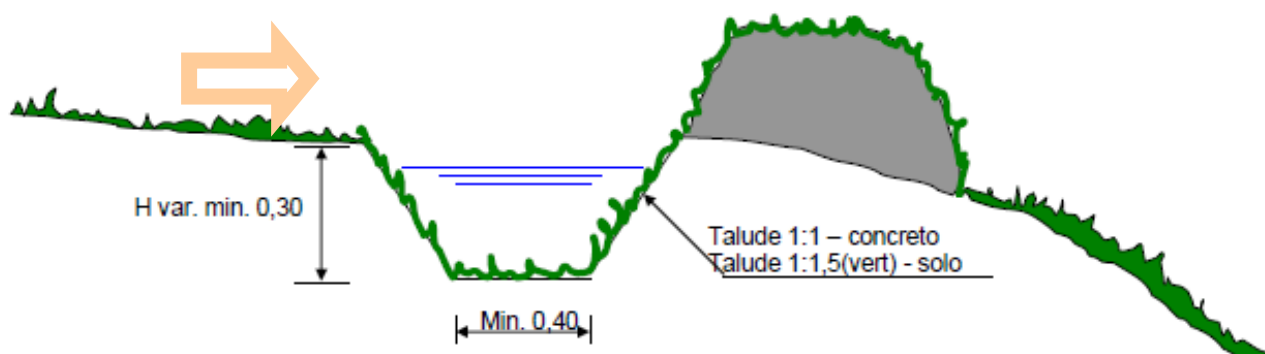
As valetas de proteção deverão ser executadas com a declividade adaptável ao terreno natural, utilizando-se lisas ou com segmentos em degraus, conforme for o caso, de tal forma que as velocidades atingidas não sejam excessivas em relação ao material de revestimento, no caso, concreto ou grama.

Considerando que o escoamento nestes dispositivos não será permanente, foi adotada, como limite para o uso de revestimento vegetal, a velocidade de 1,8m/s.

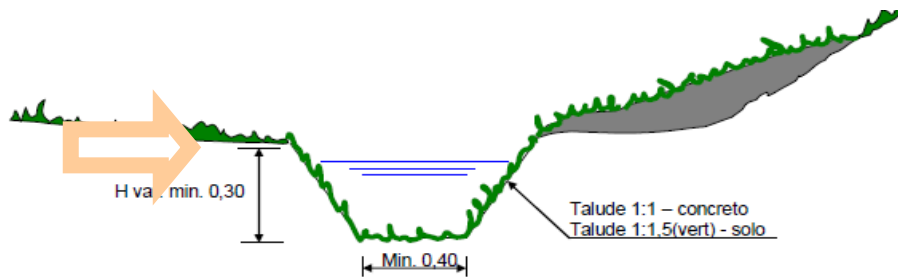
No tocante ao revestimento em concreto, foi adotada a velocidade de até 5,0m/s.

Para proteção dos cortes e aterros foram indicados canais trapezoidais com revestimento vegetal ou em concreto, conforme a seção tipo a seguir apresentada.

CORTE



ATERRO



Para efetuar os cálculos hidráulicos que definiram a altura da lâmina d'água a seção da valeta e a velocidade do escoamento, foi empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times A \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Sendo:

- $n = 0,015$ – dispositivos de seção regular com revestimento em concreto
- $n = 0,025$ – dispositivos de seção regular com revestimento vegetal
- A = área molhada em m^2
- R_h = Raio hidráulico (área/perímetro molhado)
- I = declividade do dispositivo em m/m , de acordo com a declividade estimada do terreno natural.

Para um dimensionamento mais preciso é aconselhável que após a execução do corte ou aterro, seja levantado o perfil do terreno natural no eixo por onde passará a valeta, para que seja determinada a declividade do terreno.

Para cálculo da descarga afluente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = 0,00278 A_d \times C \times I$$

Sendo:

- Intensidade de projeto para um tempo de recorrência de 10 anos, calculada através da expressão do Posto Pluviométrico Iguatemi.
- Coeficiente de escoamento - variável conforme características da bacia.
- Área de contribuição determinada a partir da restituição na escala 1:5.000

Nos casos de deságüe de outros dispositivos na valeta (descidas d'água, sarjetas de banquetas e de corte e outros), o dimensionamento da valeta considerou este acréscimo de descarga.

No caso de valetas de concreto, a velocidade máxima considerada foi de 5,0m/s. Em casos de declividade acentuada, mesmo com velocidade inferior a máxima adotada, deverão executadas valetas em degraus.

Se não for possível o deságüe deste canal em um talvegue natural ou canal de descarga de algum bueiro, deverá ser executado dissipador de energia de pedra argamassada, associado a bacia de infiltração, ou outros tipos de dispositivos de redução de velocidade (bigodes, trincheiras, diques e outros).

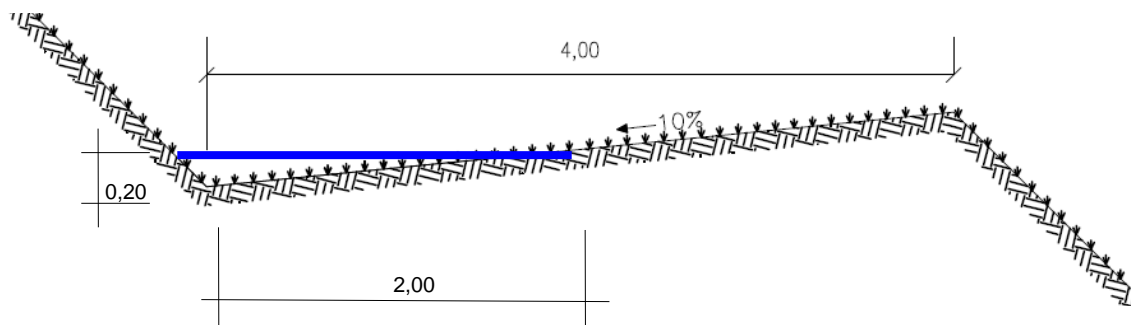
Para evitar erosões, estes canais já deverão estar totalmente protegidos, no caso de uso de revestimento vegetal, antes do início do período chuvoso, para tanto a aplicação do revestimento deverá se dar logo após a execução do corte ou aterro a ser protegido.

Dimensionamento das Sarjetas de Banquetas

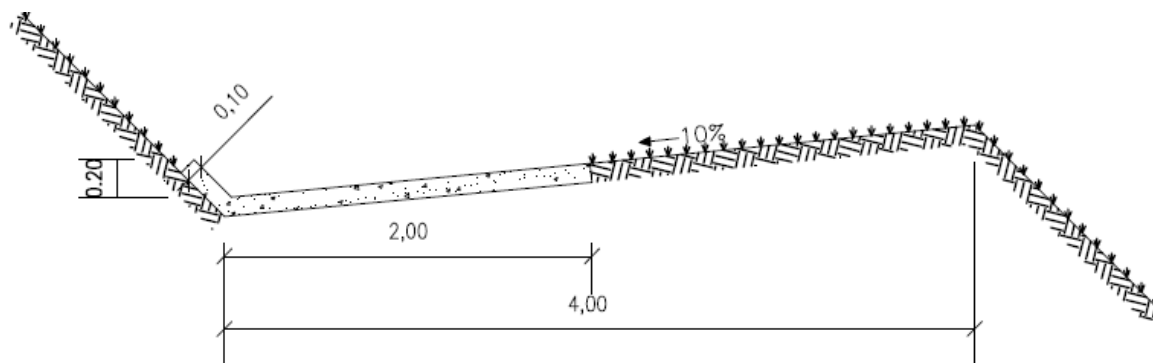
Diante das baixas declividades do greide da ferrovia e da reduzida extensão dos cortes e aterros e ainda das pequenas áreas de contribuição, foi indicado para a quase totalidade do trecho, banquetas sem dispositivo de condução das águas provenientes do talude e da banquetas, ou seja o escoamento se dará diretamente no canal formado pelo talude de corte ou aterro e a banquetas, a qual deverá receber proteção com revestimento em grama.

A lâmina de água máxima admitida no dimensionamento hidráulico foi de 0,20m, o que perfaz uma folga de 5cm em lâmina e 1,00m de distância para o extravasamento. A seguir está apresentado o detalhe da Seção com revestimento em grama e a tabela dos comprimentos críticos para esta seção.

SEÇÃO TIPO – Revestimento em Grama



SEÇÃO TIPO – Revestimento em Concreto



Para efetuar os cálculos hidráulicos que definiram a capacidade de escoamento destes dispositivos e ainda o estabelecimento do comprimento crítico, foi empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times A \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Sendo:

- $n = 0,025$ – dispositivos de seção regular com revestimento vegetal
- $n = 0,015$ – dispositivos de seção regular com revestimento em concreto
- A = área molhada em m^2
- R_h = Raio hidráulico (área/perímetro molhado)
- I = declividade do dispositivo em m/m, mínimo considerado = $0,003m/m$

Para cálculo da descarga afluyente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = 0,00278 A_d \times C \times I$$

Sendo:

- Intensidade de projeto para um tempo de concentração de 6min e um tempo de recorrência de 10 anos, para o Posto Pluviométrico Iguatemi.
- Coeficiente de escoamento = 0,90
- Área de contribuição calculada considerando a largura da banquetta + projeção do talude de corte ou aterro, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide.

Os parâmetros utilizados no dimensionamento foram:

- Lâmina Máxima Admissível: 0,20 m;
- Área Molhada da Sarjeta: 0,220 m²;
- Perímetro Molhado da Sarjeta: 2,293 m;
- Raio Hidráulico: 0,096 m;
- Coeficiente de Rugosidade de Manning (Grama): 0,025; (Concreto): 0,015;
- Tempo de Concentração: 6 minutos;
- Posto de Chuva: Iguatemi;
- Intensidade de Precipitação (10 anos): 142,35 mm/h;
- Coeficiente de Escoamento (Runnof): 0,90;
- Largura de Contribuição: (4,00 + (H corte x 1,50));
- Área de Contribuição: (5,85 + H corte) x L crítico.

No cálculo da área de contribuição para os cortes e aterros, foi considerada como crítica a projeção do talude de aterro, para uma altura máxima de aterro de 8,0m, a qual corresponde ao espaçamento entre banquetas. Assim o valor máximo para a área de contribuição será:

$Ad = (\text{largura da banquetta} + \text{projeção horizontal do talude}) \times \text{comprimento crítico}$

$$Ad = (4,0 + (H \text{ corte} \times 1,50)) \times L$$

A declividade mínima considerada foi de 0,003m/m. Nos casos em que o greide da ferrovia é menor que este valor, foi indicada a execução de sarjeta trapezoidal com profundidade variável até uma altura máxima de 0,40m, podendo a sarjeta ter início com uma altura de 0,25m.

O deságüe em descida d'água, somente deverá ser empregado nos casos em que o emprego da sarjeta seja inviável, devido ao risco permanente de que por falha de limpeza ou manutenção, ocorra transbordamento da descida ou outro fato que venha provocar erosões no talude.

Cabe ressaltar que estes são os valores limites, sendo que o escoamento nas banquetas foi analisado considerando a situação real da altura do corte e seu comprimento.

O deságüe dos dispositivos de drenagem das banquetas poderá ser dos seguintes tipos:

- Deságüe na valeta de proteção do corte ou aterro;
- Deságüe em descida d'água em degraus;
- Deságüe no terreno natural através da execução de uma saída associado a algum dispositivo de redução de velocidade, como dissipador de pedra argamassada, diques, bacias de infiltração e outros;
- Deságüe em canal, direcionando o escoamento para um talvegue natural ou algum bueiro.

I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA TRIANGULAR DE GRAMA (m) (BANQUETA)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,001	0,27	328	273	234	205	182	164	149	137
0,002	0,37	464	386	331	290	258	232	211	193
0,003	0,46	568	473	406	355	315	284	258	237
0,004	0,53	656	546	468	410	364	328	298	273
0,005	0,59	733	611	524	458	407	366	333	305
0,006	0,65	803	669	574	502	446	401	365	335
0,007	0,70	867	723	619	542	482	434	394	361
0,008	0,75	927	773	662	579	515	464	421	386
0,009	0,80	983	819	702	615	546	492	447	410
0,010	0,84	1037	864	740	648	576	518	471	432
0,011	0,88	1087	906	777	679	604	544	494	453
0,012	0,92	1135	946	811	710	631	568	516	473
0,013	0,96	1182	985	844	739	657	591	537	492
0,014	0,99	1226	1022	876	767	681	613	557	511
0,015	1,03	1270	1058	907	793	705	635	577	529

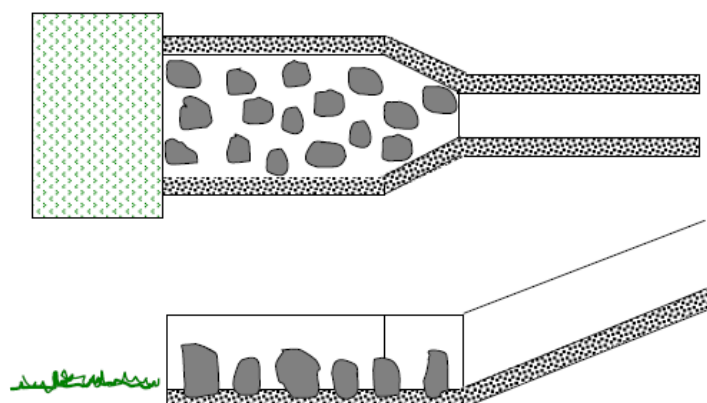
I (m/m)	V (m/s)	COMPRIMENTO CRÍTICO SARJETA TRIANGULAR DE CONCRETO (m) (BANQUETA)							
		Altura de Corte (m)							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
0,003	0,77	946	789	676	591	526	473	430	394
0,004	0,88	1093	911	780	683	607	546	497	455
0,005	0,99	1222	1018	873	763	679	611	555	509
0,006	1,08	1338	1115	956	836	743	669	608	558
0,007	1,17	1445	1205	1032	903	803	723	657	602
0,008	1,25	1545	1288	1104	966	858	773	702	644
0,009	1,33	1639	1366	1171	1024	911	819	745	683
0,010	1,40	1728	1440	1234	1080	960	864	785	720
0,011	1,47	1812	1510	1294	1132	1007	906	824	755
0,012	1,53	1892	1577	1352	1183	1051	946	860	789
0,013	1,59	1970	1641	1407	1231	1094	985	895	821
0,014	1,65	2044	1703	1460	1278	1136	1022	929	852
0,015	1,71	2116	1763	1511	1322	1175	1058	962	882

Dispositivos para Controle de Erosões

a. Dissipador de Energia para Descidas D'Água

No deságüe de todos os dispositivos de drenagem superficial, descidas d'água que não deságüem no talvegue natural, foi indicada a execução de dissipador de energia constituído de uma caixa de concreto, conforme padrão VALEC. Admite-se também, para a facilidade de execução, a utilização de dissipadores com o fundo coberto por pedras argamassadas, conforme o esquema a seguir.

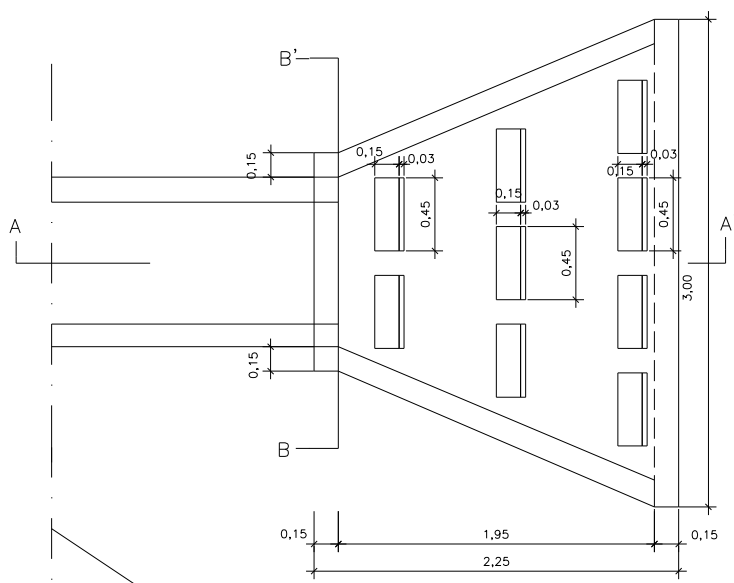
As dimensões deste elemento variarão de acordo com a descarga afluyente e as características do dispositivo a ele acoplado.



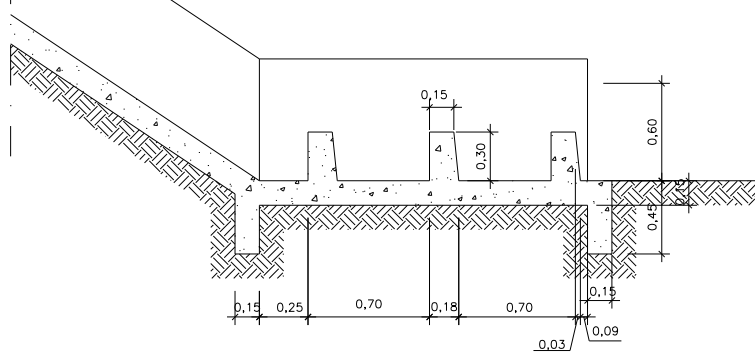
DISSIPADORES DE ENERGIA - (III)

APLICÁVEIS A DESCIDAS D'ÁGUA DE ATERROS TIPO RÁPIDO - DED-01

ESC. 1:25



CORTE AA'

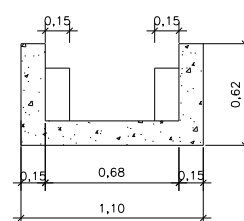


CONSUMOS MÉDIOS PARA UMA UNIDADE	
CONCRETO $f_{ck} \geq 15$ MPa	1,86m ³
FORMAS	9,4m ²
ESCAVAÇÃO	1,22m ³
APILOAMENTO	0,85m ³

Notas:

- 1 . Dimensões em cm.
- 2 . Os dentes serão fundidos simultaneamente com a soleira, formando conjunto monolítico.

CORTE BB'

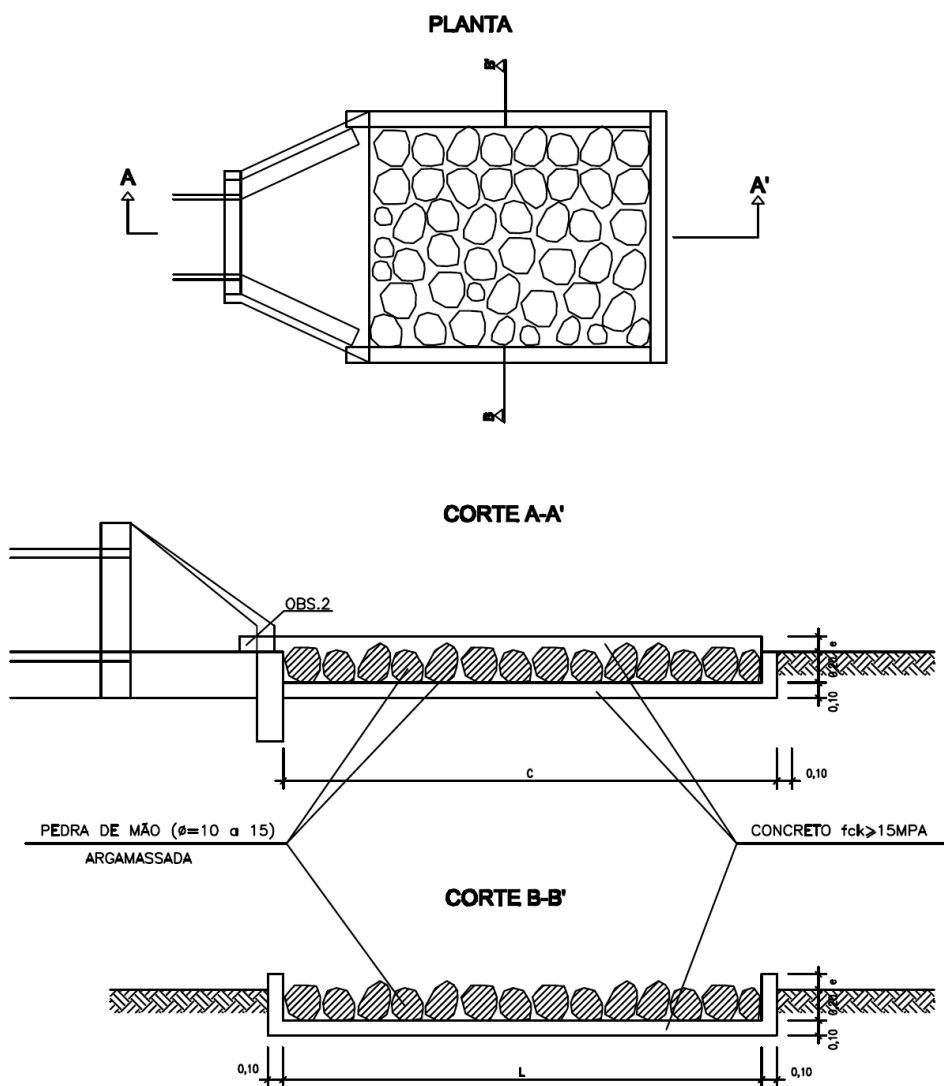


b. Dissipador de Energia para Bueiros

Dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo conseqüentemente sua velocidade, quer no escoamento através do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural.

A velocidade da água no corpo dos bueiros é superior à dos canais naturais. Por isso, pode haver necessidade, muitas vezes, do uso de dissipadores de energia no canal de descarga.

Os dissipadores comumente utilizados são do tipo DEB, conforme pode ser visto na figura apresentada a seguir.

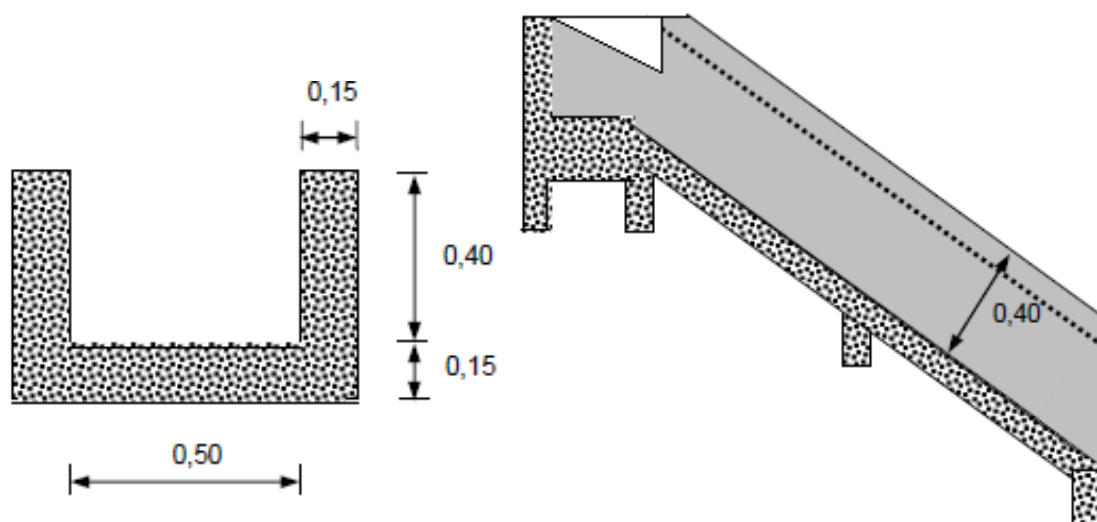


Descidas D'água

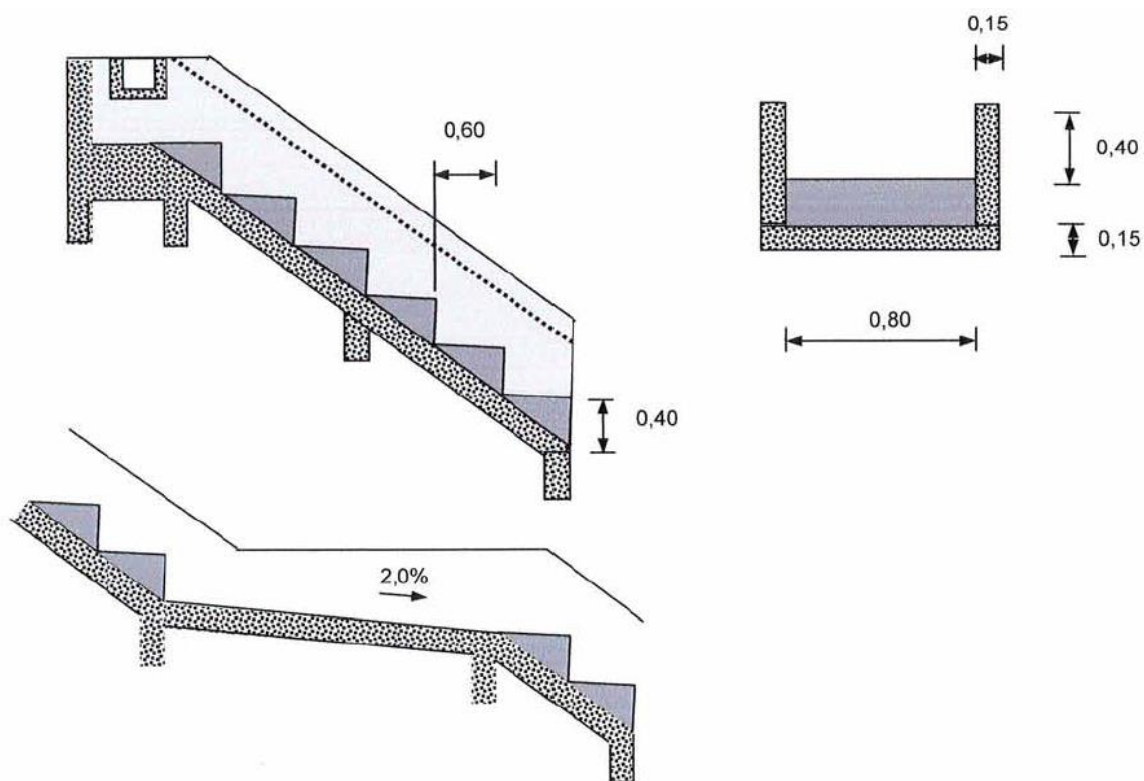
As descidas d'água serão aplicadas em cortes e aterros, sendo que nos cortes serão sempre em degraus, dimensionadas de acordo com a geometria do corte e a vazão contribuinte. Nos aterros terão como finalidade principal o esgotamento das águas da plataforma, coletadas pela sarjeta de bordo do aterro e poderão ser em degraus ou lisas (rápidos).

As descidas d'água nos aterros estão previstas duas situações:

- Para alturas de aterro menores ou iguais a 6,0m serão utilizados rápidos com 0,50m de largura e altura de 0,40m (dimensões mínimas), em concreto armado com ancoragens e espessura de paredes 0,15m.



- No caso de alturas de aterro superiores a 6,0m deverão ser empregadas descidas d'água em degraus, executadas com concreto armado, tendo largura de 0,80m, degraus 0,40mx0,60m (V:H), altura da parede de 0,40 m e espessura de 0,15m.



Projeto de Obras de Arte Corrente

No projeto de obras de arte correntes foram indicados bueiros que, dependendo da sua localização ou finalidade, são denominados de bueiro de grotá ou bueiro de greide.

- Bueiros de grotá são condutos destinados à passagem de um lado para o outro, sob o corpo do aterro, das águas provenientes da bacia hidrográfica cujo talvegue cruza a ferrovia.
- Bueiros de greide são dispositivos destinados a conduzir, para local de deságüe seguro, as águas coletadas pela sarjeta de corte ou outro dispositivo de drenagem superficial.

Dimensionamento Hidráulico

Os bueiros foram dimensionados adotando-se o conceito de vazão crítica, para uma descarga calculada para um período de retorno de 25 anos e verificada a altura da carga hidráulica a montante, para uma descarga calculada para um período de retorno de 50 anos.

I – Dimensionamento De Bueiros Tubulares

Os bueiros circulares foram dimensionados admitindo-se que a altura representativa da energia específica do fluxo crítico seja igual ao diâmetro do bueiro, isto é:

$EC = D$, resultando:

$$Q_c = 1,533 D^{2,5} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$V_c = 2,56 D^{0,5} \text{ (m/s)}$$

$$I_c = 0,735 / D^{0,333} \text{ (m/m)}$$

II – Dimensionamento De Bueiros Celulares

Os bueiros celulares foram dimensionados, admitindo-se que altura representativa da energia específica do fluxo crítico seja igual à altura do bueiro.

$Ec = H$, resultado:

Bueiro de Seção Quadrada ($B = H = L$)

$$Q_c = 1,705 L^{2,5} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$V_c = 2,56 L^{0,5} \text{ (m/s)}$$

$$I_c = 34,82 n^2 / L^{0,333} \text{ (m/m)}$$

Bueiro de Seção Retangular ($B \times H$)

$$Q_c = 1,705 L \cdot B^{1,5} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$V_c = 2,56 H^{0,5} \text{ (m/s)}$$

$$I_c = 0,0585 / H^{0,333} (3 + 4H/B)^{4/3} \text{ (m/m)}$$

As vazões máximas para cada dimensão dos bueiros, são apresentadas nos quadros a seguir.

VAZÃO, VELOCIDADE E DECLIVIDADE CRÍTICA DE BUEIROS TUBULARES DE CONCRETO TRABALHANDO COMO CANAL ($Ec = D$)

TIPO	DIÂMETRO (m)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	1,00	1,53	2,55	0,74
BSTC	1,20	2,42	2,79	0,69
BDTC	1,00	2,91	2,55	0,74
BDTC	1,20	4,59	2,79	0,69
BTTC	1,00	4,14	2,55	0,74
BTTC	1,20	6,53	2,79	0,69

Vazão Crítica:

Bueiro Simples: $Q1 = 1,533 D^{2,5}$

Bueiro Duplo : $Q2 = 0,95 \times 2 \times 1,533 D^{2,5}$

Bueiro Triplo : $Q3 = 0,90 \times 3 \times 1,533 D^{2,5}$

VAZÃO, VELOCIDADE E DECLIVIDADE CRÍTICA DE BUEIROS CELULARES DE CONCRETO TRABALHANDO COMO CANAL ($E_c = H$)

TIPO	BASE x ALTURA (m)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCap	1,0x1,0	1,71	2,56	0,78
BSCC	1,5x1,5	4,70	3,14	0,68
BSCC	1,5x2,0	7,23	3,62	0,78
BSCC	2,0x1,5	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0x2,0	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0x2,5	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0x3,0	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5x2,0	12,06	3,62	0,53
BSCC	2,5x2,5	16,85	4,05	0,58
BSCC	2,5x3,0	22,15	4,43	0,53
BSCC	3,0x2,0	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0x2,5	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0x3,0	26,58	4,43	0,54
BSCC	3,5x3,5	39,07	4,79	0,52
BDCap	1,0x1,0	3,24	2,56	0,78
BDCC	2,0x1,5	11,90	3,14	0,56
BDCC	2,0x2,0	18,33	3,62	0,62
BDCC	2,0x2,5	25,61	4,05	0,69
BDCC	2,0x3,0	33,67	4,43	0,76
BDCC	2,5x2,0	22,91	3,62	0,53
BDCC	2,5x2,5	32,01	4,05	0,58
BDCC	2,5x3,0	42,08	4,43	0,63

TIPO	BASE x ALTURA (m)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BDCC	3,0x2,0	27,49	3,62	0,47
BDCC	3,0x2,5	38,42	4,05	0,51
BDCC	3,0x3,0	50,50	4,43	0,54
BDCC	3,5x3,5	74,24	4,79	0,52
BTCap	1,0x1,0	4,60	2,56	0,78
BTCC	2,5x2,5	45,49	4,05	0,58
BTCC	3,0x3,0	71,76	4,43	0,54
BTCC	3,5x3,5	105,50	4,79	0,52

Vazão Crítica:

Bueiro Simples: $Q1 = 1,705 B H^{1,5}$

Bueiro Duplo : $Q2 = 0,95 \times 2 \times 1,705 B H^{1,5}$

Bueiro Triplo : $Q3 = 0,90 \times 3 \times 1,705 B H^{1,5}$

Profundidade Hidráulica a Montante

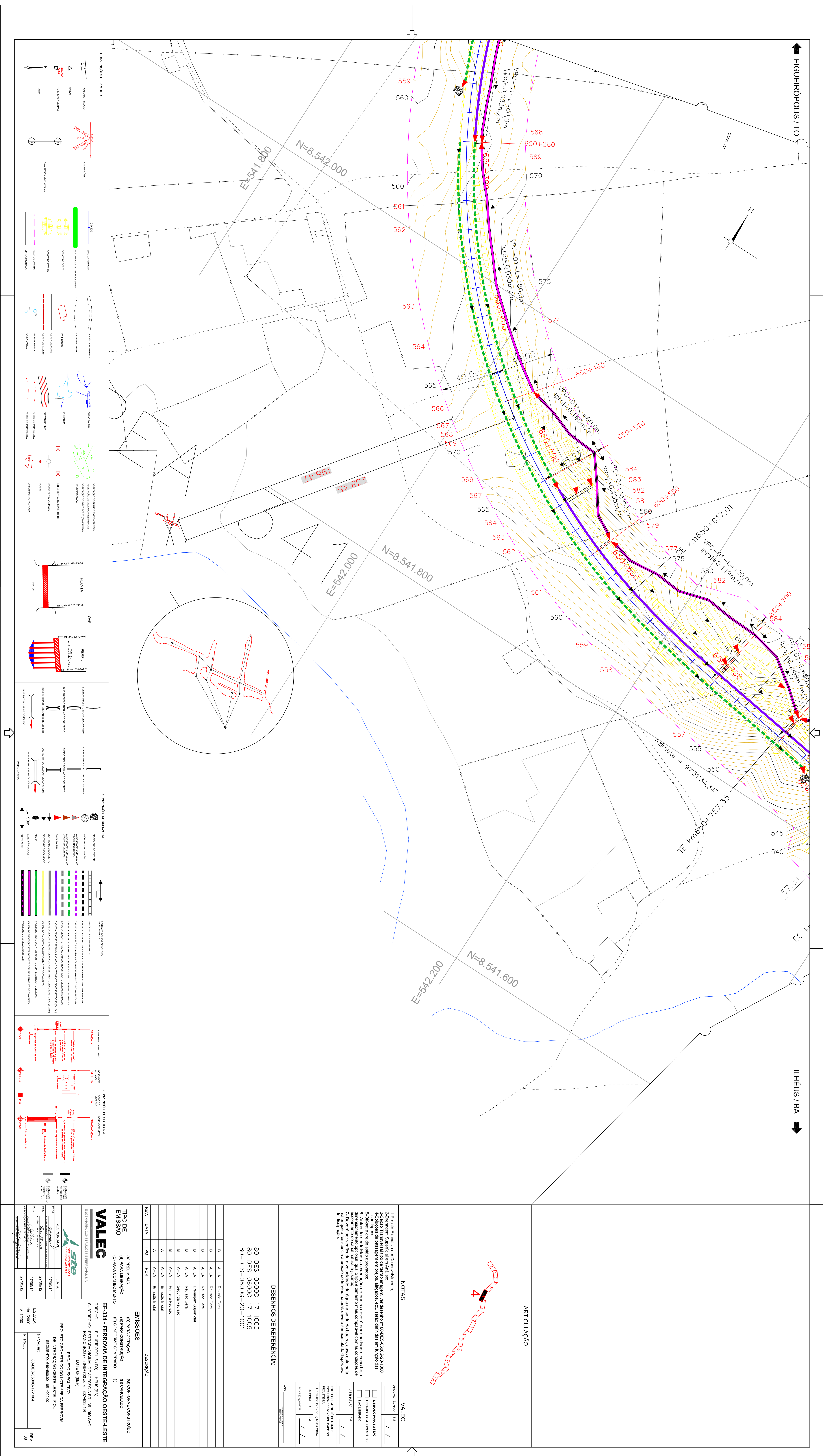
É a distância vertical entre o ponto mais baixo na seção de entrada do bueiro (geratriz inferior para bueiros tubulares e superfície de fundo para bueiros celulares) e a linha de energia a montante.

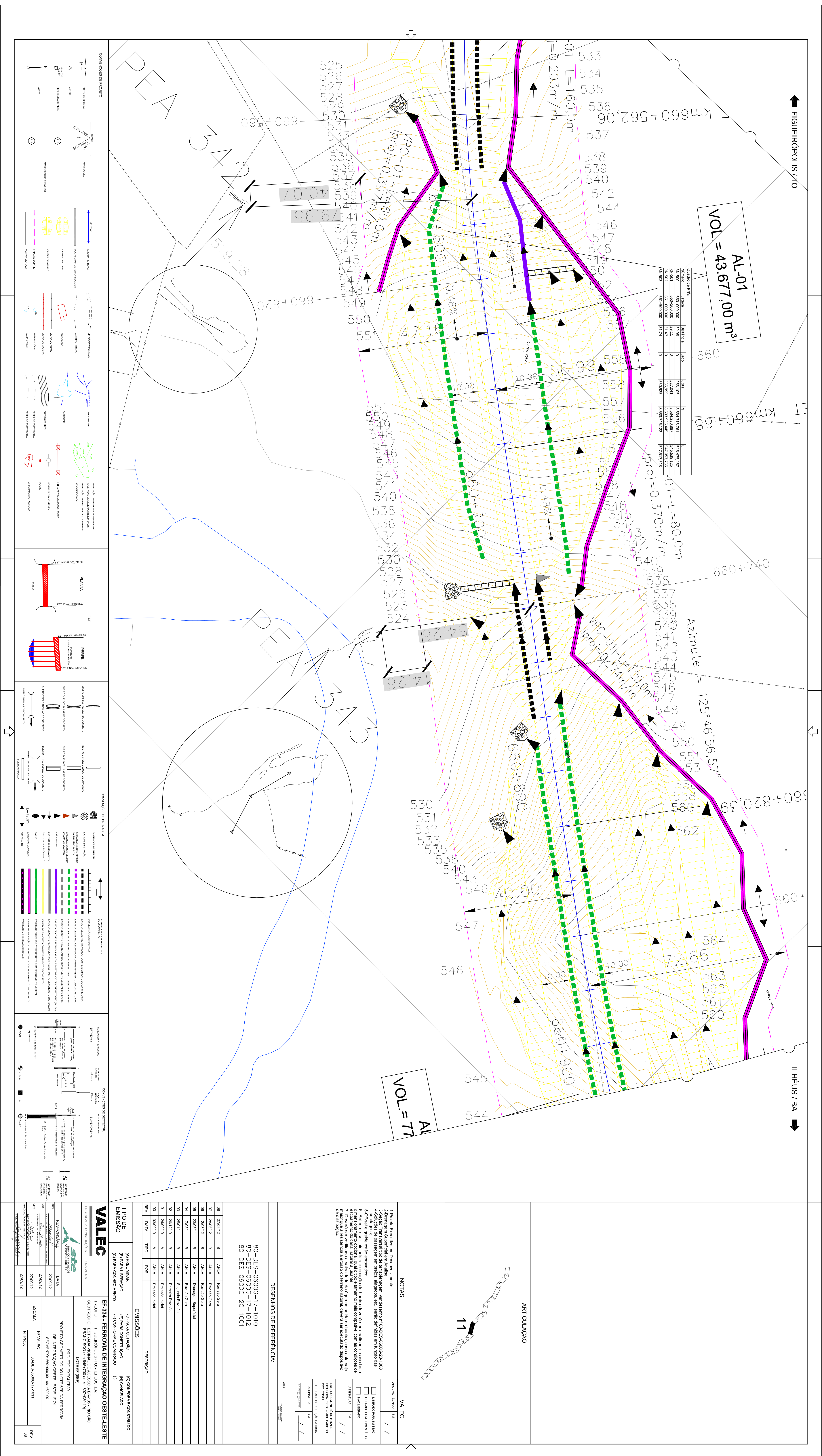
A superfície d'água e a linha de energia são supostas coincidentes.

Foram verificadas as profundidades hidráulicas a montante para as vazões calculadas para período de retorno de 50 anos, admitindo-se sobrelevação máxima de 1 metro.

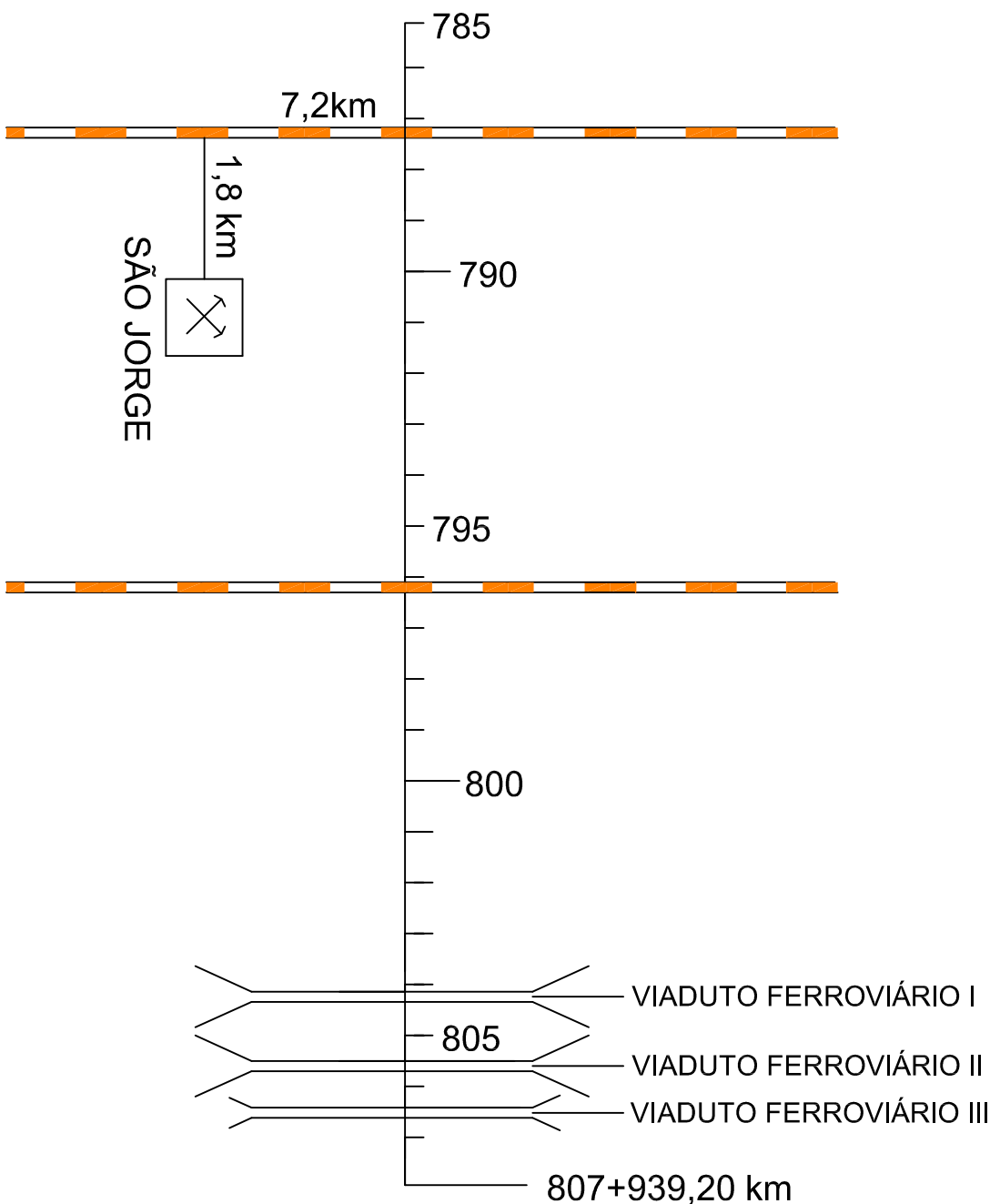
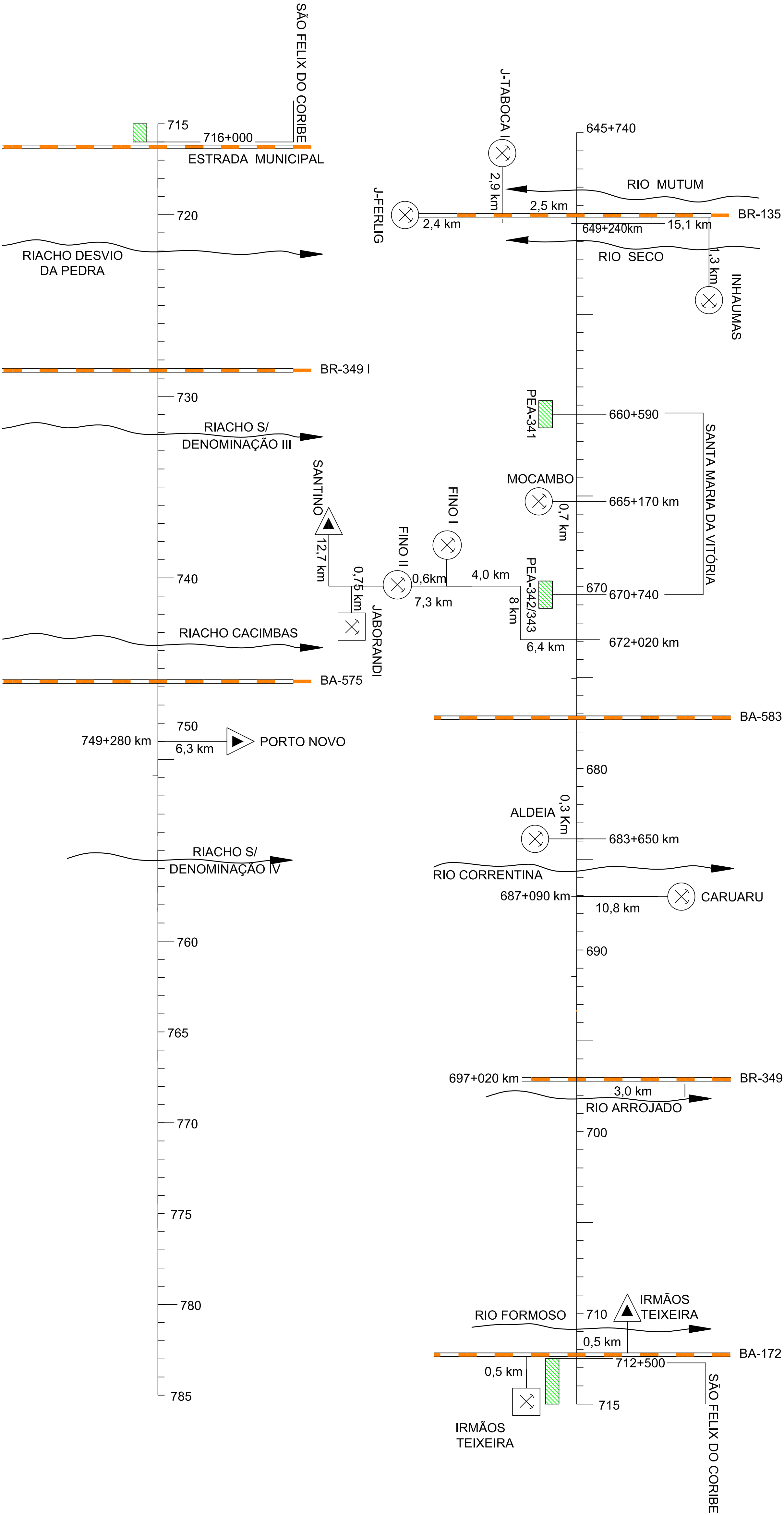
Para a verificação foram utilizados os monogramas elaborados pelo of Public Roads do U.S. Departament of Commerce, publicados na Hidraulic Engineering – Circular nº 5, sob o título “Hydraulic Charts for the Selection of Highway Culverts”.

ANEXO 4.4.
PROJETO GEOMÉTRICO DO LOTE 06 DA FIOL





ANEXO 4.5.
DIAGRAMA DE CAIXAS DE EMPRÉSTIMO, AREIA E PEDREIRAS



- SAIBREIRAS
- AREAIS
- PEDREIRA
- INTERFERÊNCIAS DAS CAVERNAS

CONVENÇÃO

EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE-LESTE - LOTE 6EF		ESC.
<div><div><div>VALEC</div><div>ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.</div></div><div><div></div><div>SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.</div></div></div>	DIAGRAMA DE CAIXAS DE EMPRÉSTIMOS, AREAIS E PEDREIRAS	s/ escala
	REV.	00

ANEXO 4.6.

NOTA TÉCNICA Nº 09/2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC

Nota Técnica nº 09 /2012 – SUAMB/SUPRO/DIPLAN/VALEC

Brasília, 18 de maio de 2012.

Assunto: Respostas às solicitações do §2 e §3 do Ofício nº 151/2012/COTRA/CGTMO/DILIC.

Como complemento ao Estudo que classifica as cavidades naturais no Lote de Construção nº 06F da Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL), e após discutido o assunto em reunião técnica com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), apresenta-se esta Nota Técnica a fim de detalhar e comprovar a integridade das cavidades naturais localizadas próximas ao possível eixo da ferrovia em sua construção e operação, bem como, responder às solicitações dadas nos §2 e §3 do Ofício nº 151/2012/COTRA/CGTMO/DILIC

• **Em resposta ao §2 do Ofício IBAMA Nº 151/2012/COTRA/CGTMO/DILIC**

1. Apresentação de estudos comprobatórios para garantir a integridade das cavidades:

Inicialmente o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL) previu vinte e sete possíveis impactos ambientais causados pela instalação e operação da ferrovia, com influência sobre os meios físico, biótico e antrópico. Dos impactos elencados por esse documento, apenas três são apresentados como potencialmente danosos ao patrimônio espeleológico:

- terraplanagem, empréstimos e bota-fora;
- extração de material de construção; e
- abertura de caminhos de serviço.

Limitados ao meio físico, estes três impactos estão relacionados à interferência nas cavidades, causadas por obras de instalação associadas ao empreendimento. O EIA os classifica, quando presentes, como impactos de alta significância e irreversíveis (OIKOS, 2009).



Associado à operação da ferrovia, um único aspecto potencialmente danoso pode ser elencando – mesmo que não discriminado no EIA, como o vinculado ao desmonte físico da estrutura cavernícola em consequência a contínua exposição de vibrações causadas pela operação.

Desta forma discorrem-se abaixo sobre os possíveis danos provocados pela operação e ainda medidas para minimização.

✓ **Possíveis Danos Provocados pela Instalação e Operação:**

Na grande maioria dos casos, os impactos previstos para vibrações emitidas pela operação de ferrovias, só é contemplado quanto à percepção humana (desconforto) e em pouquíssimos casos a danos físicos em estruturas urbanas.

Desta forma, a faixa de domínio associada a estes empreendimentos é adotada com o objetivo de:

“proteção da linha de visão, para permitir a operação segura da pista e, também, para prever ampliação futura da ferrovia sem necessidade de desapropriação de áreas lindeiras. Cabe observar que tal faixa de domínio contribui (*também*) para atenuação dos efeitos de vibração, com o aumento da distância entre a via e as edificações”. (CHAVES *et. al.* 2008, parêntese nosso).

Quando se tratam dos impactos causados ao meio ambiente por fontes quaisquer de vibração, em particular a seu meio físico, a análise do dano causado deve considerar sempre o limite de ‘resistência última’ do objeto avaliado. Este limite é composto por um intervalo de frequências de onda associado a um intervalo de velocidade de dispersão de partículas, representando o momento de ressonância entre a estrutura estudada (como por exemplo, uma obra de engenharia ou uma caverna) e a vibração emitida pela fonte em questão. Quando em ressonância, a ação contínua, cíclica, ou até mesmo, pontual da vibração pode ultrapassar o máximo de interferência suportada pela estrutura, causando danos permanentes e/ou irreversíveis. Ferrovias podem ser enquadradas, quanto ao tipo emissor de vibração, em fontes contínuas e/ou cíclicas.

Faltam no Brasil, contudo, normativas que esclareçam e tracem diretrizes para estes casos – especialmente para operação de ferrovias e rodovias. Porém, importantes normas internacionais abrangem o tema, sendo por vezes os únicos fundamentos para a discussão destes impactos.

Levando-se em consideração diversas fontes de vibração, incluindo ferrovias e rodovias, a norma internacional ISO 4866 (1990), propõe intervalos extremos em



diversos parâmetros (tabela 1), para caracterizar a operação destas fontes, quer de forma contínua, quer de forma transitória. Esta norma é a base de diversas outras em todo o mundo devido à gama de fontes e variáveis tratadas.

Para o particular estudo de caso, esta norma ressalta que, de acordo com as características do tipo de comboio (veículo de carga ou de passageiros, comprimento, peso, velocidade, tipo de dormente, etc.), a ferrovia ira gerar um intervalo específico de vibração, sempre, contudo, dentro do range apresentado para este tipo de fonte. Ressalta ainda, a importância da forma em que os dados devem ser adquiridos, levando-se em consideração os três eixos possíveis de propagação – transversal, longitudinal e vertical –, principalmente em meio sólido. A tabela abaixo apresenta um quadro das diferentes fontes e respostas estruturais a sua operação.

Tabela 1. Intervalo típico de resposta estrutural para diversas fontes (modificado da ISO 4866/90).

Fonte	Frequência (Hz)	Amplitude (µm)	Veloc. de Partículas (mm/s)	Aceler. das Partículas (m/s ²)	Caract. do Tempo	Quant. de medições
Tráfego: Rodovias, Ferrovias	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T	htvp
Detonação: Vibração em solo	1 a 300	100 a 2500	0,2 a 500	0,02 a 50	T	htvp
Bate-estaca: Vibração em solo	1 a 100	10 a 50	0,2 a 50	0,02 a 2	T	htvp
Máquinas externas: Vibração em solo	1 a 300	100 a 1000	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T	htvp/hta
Acústico: Tráfego, maquinário externo	1 a 250	1 a 1100	0,2 a 30	0,02 a 1	C	htvp/hta
Pressão de ar	1 a 40				T	htvp
Máquinas internas	1 a 1000	1 a 100	0,2 a 30	0,02 a 1	C/T	htvp/hta
Atividades Humanas: Impactos Direto	0,1 a 100 0,1 a 12	100 a 500 100 a 5000	0,2 a 20 0,2 a 5	0,02 a 5 0,02 a 0,2	T	htvp/hta
Terremotos	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T	htvp/hta
Vento	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T	htvp
Acústica interna	5 a 500					

Obs:

C = contínuo

T = transitório

htvp = histórico de tempo de velocidade de partícula

hta = histórico de tempo de aceleração

NOTA 1: Os intervalos citados são extremos, mas indicam valores empíricos. Intervalos extremos de amplitude de deslocamento e frequência não têm sido utilizados para derivar a velocidade das partículas e da aceleração.

NOTA 2: O intervalo de frequências citado refere-se à resposta de edifícios e de elementos de construção para o tipo particular de excitação. Ele é apenas indicativo.

NOTA 3: Valores de vibração dentro das faixas indicadas podem causar preocupação. Não existem normas que cobrem todos os tipos de condição de construção, e a duração da exposição, mas muitos códigos nacionais associam o limiar de efeitos visíveis com velocidades de pico de partículas na fundação de um edifício de mais de alguns milímetros por segundo. Uma probabilidade significativa de alguns danos está ligada ao pico velocidades das partículas de várias centenas de milímetros por segundo.

O anexo A da norma ISO 4866/1990 apresenta um guia para a classificação das estruturas de acordo com a reação a vibrações transmitidas através do solo/rocha.

4

Esta classificação leva em consideração o tipo de construção, de fundação (existente ou não), de substrato, além de fatores de importância política. Esta norma, contudo, não faz ressalvas diretas a estruturas subterrâneas.

Apesar de ter por base a ISO 4866/1990, a norma alemã DIN 4150-3/1999 não trata das fontes de vibração, e sim dos intervalos limites de resistência de diversos tipos de construção, elencando limites de frequência (em Hz) e de velocidade de partícula (em mm/s) em que estas estruturas entram em ressonância (tabela 2).

Esta norma é tida em toda Europa como uma das normas padrão para o estabelecimento de níveis aceitáveis de vibração em estruturas sujeitas a ações impulsivas. Estes intervalos são expostos para três conjuntos de edificações: edifícios comerciais, habitacionais e monumentos e construções delicadas.

Tabela 2. Valores limites para vibrações sugeridas pela norma DIN 4150-3/1999.

Linha	Tipo de Estrutura	Valores de referencia para velocidades (mm/s)			
		Vibração na base das estruturas			Vibração no plano horizontal do topo das estruturas
		1 a 10 Hz	10 a 50 Hz	50 a 100 Hz*	
1	Edifícios usados para fins comerciais, industriais ou de design similar	20	20 a 40	40 a 50	40
2	Habitações ou edifícios de semelhante projeto e/ou ocupação	5	5 a 15	15 a 20	15
3	Estruturas que, devido à sua especial sensibilidade a vibrações , não podem ser classificadas sob as linhas 1 e 2 e que sejam de grande valor intrínseco (por exemplo, edifícios listados em ordem de preservação)	3	3 a 8	8 a 10	8

* Para frequências acima de 100 Hz, os valores indicados devem ser utilizados como valores mínimos.

Apesar de não especificar outras estruturas de maior fragilidade, a norma propõe que estas se encaixem na "linha 3". Nesta classe de estruturas, é possível gerar danos quando alcançadas velocidades de deslocamento de partículas entre 3mm/s e 10mm/s em frequências específicas de vibração que variam de 1 a 100 Hz.

Também criada sobre o mesmo embasamento e bastante referenciada na literatura, a norma Suíça SN 640312 (1978) fornece valores mais precisos para níveis limítrofes de vibração em estruturas sujeitas a ações impulsivas (BACCI *et. al.* 2003, BERNARDO e GAMA 2006, MOUTINHO 2007, CHAVES *et. al.* 2008, DDT 2011). Esta as classifica em quatro grupos, também em função do grau de fragilidade, sendo, entretanto, incluídos outros tipos de arcabouços não contemplados nas normas

4
2

anteriores, como: pontes, chaminés, muros de suporte, condutos e **estruturas subterrâneas (túneis e cavernas)** (Tabela 3).

A inclusão de cavidades naturais subterrâneas nesta norma reflete a importância e a frequência de enfrentamento destas situações no país, uma vez que são amplas e conhecidas as áreas cársticas na Suíça.

Tabela 3. Classificação das estruturas de acordo com a norma SN 640312/1978.

Classe da estrutura	Definição
I	Estruturas de betão armado e estruturas de aço (não contendo rebocos) tais como edifícios industriais, pontes, chaminés, muros de suporte e tubulações superficiais; Estruturas subterrâneas como cavernas , túneis e galerias sem revestimentos.
II	Edifícios com lajes e caves em betão, com paredes em betão e alvenaria de tijolo, muros de alvenaria e tubulações enterradas; Estruturas subterrâneas como cavernas , túneis e galerias revestidas em alvenaria.
III	Edifícios com caves compostas por pavimentos e paredes em betão, com superestrutura em alvenaria de pedra e pavimentos em madeira.
IV	Edifícios particularmente vulneráveis ou edifícios em restauro.

Esta norma adota, para vibrações provocadas pela movimentação e tráfego de máquinas em trabalhos de construção, o intervalo de frequência de 10 a 60 Hz. Em sequência, apresenta os correspondentes intervalos de velocidade de partículas, medidos em milímetros por segundo (mm/s) nas três direções (transversal, longitudinal e vertical), que causam danos às classes de estrutura estipuladas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores limite para vibrações em estruturas sugeridos pela norma SN 640312

Classe da estrutura	Vibrações provocadas pelo movimento de máquinas, tráfego e trabalhos de construção.	
	F (Hz)	vmax (mm/s)
I	10 – 30	12
	30 – 60	12 – 18
II	10 – 30	8
	30 – 60	8 – 12
III	10 – 30	5
	30 – 60	5 – 8
IV	10 – 30	3
	30 – 60	3 – 5

Segundo esta norma, cavernas (estruturas pertencentes às classes de fragilidade I e II) têm, como limite último de suporte, velocidades máximas de partícula-pico variando de 8 a 12 mm/s, com frequências entre 10 e 30 Hz, e velocidades máximas de partícula-pico de 8 a 18 mm/s, com frequências entre 30 e 60 Hz.

7

2

Acrescido a esta, a norma DIN 4150-3 (1999) afirma que, para frequências de 1 a 10 Hz, a velocidade de partículas que pode gerar danos a estruturas é de 3mm/s. Deste modo, o intervalo de velocidade de partículas de 3 a 18mm/s com frequências de 1 a 100 Hz engloba todo o range apresentado pelas normas. Mesmo as estruturas mais frágeis como galerias subterrâneas sem revestimentos, túneis e cavernas, estão dentro deste intervalo, sendo possível, portanto, delimitar a gama de valores em que estas estruturas podem entrar em ressonância e, conseqüentemente, sofrer eventuais impactos (tabela 5).

Tabela 5. Intervalo máximo de ressonância para estruturas frágeis segundo as normas internacionais DIN 4150-3/1999 (alemã) e SN 640312 a/1978 (suíça).

Estruturas	Frequência (Hz)	Velocidade de partícula pico (mm/s)
Estruturas de grande valor intrínseco ou de singular fragilidade como: monumentos históricos, estruturas delicadas, túneis, galerias sem revestimento e cavernas.	1 a 10	3 a 5
	10 a 30	8 a 12
	30 a 60	8 a 18
	60 a 100	8 a 18

Estudo de caso

Tendo por base os parâmetros levantados pelo conjunto de normas supracitado e os dados de vibração obtidos no EA/PBA (AMPLO, 2010) da Estrada de Ferro Carajás – EFC, bem como os dados é possível estimar qual será o comportamento das ações de operação de uma ferrovia quanto a emissões de ondas (vibrações), incluindo-se áreas carbonáticas.

A EFC corta uma extensa área, passando sobre diversas litologias (Figura 1). Durante os Estudos Ambientais e Planos Básicos Ambientais do Empreendimento 3ª e 4ª Etapas de Duplicação da Estrada de Ferro Carajás (Linha Tronco Fases 1 e 2), foram realizadas amostragens de vibrações e ruídos em 24 pontos ao longo da EFC – selecionados principalmente devido à presença de edificações nas áreas adjacentes ao empreendimento e de áreas de empréstimo (AMPLO, 2010).

42

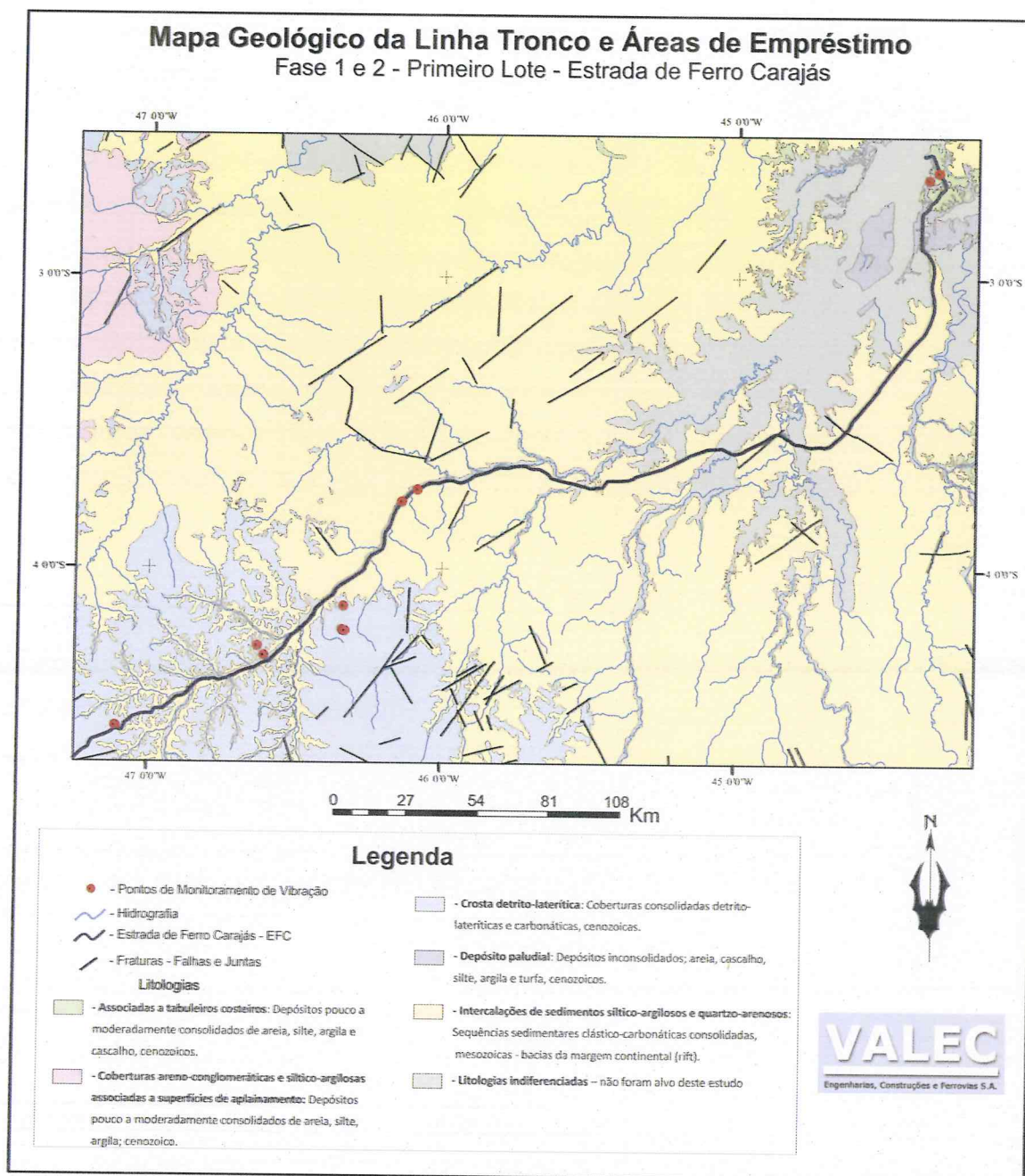


Figura 1. Mapa geológico da Linha Tronco e áreas de empréstimo. Apenas os pontos no extremo nordeste do mapa não se encontram sob litologias com contribuição carbonática (EFC 01 e EFC 02). (Dados dos pontos de amostragem e ferrovia - AMPLO, 2010; Mapa geológico modificado - CPRM, 2004).

Os detectores foram distribuídos em diferentes distâncias do eixo, variando de 23m a >400m, de forma que os valores máximos das velocidades de partícula-pico, medidos nos três componentes (conforme orientado pela ISO 4866/1990 e pela DIN 4159-3/1999), foram apresentados em tabela, como consta abaixo (AMPLO 2010):

42

Tabela 6. Velocidades de partícula-pico registradas durante a passagem de composições ferroviárias (AMPLO, 2010).

Posição	Distância da Linha Férrea (m)	Componentes de Velocidade de Partícula-Pico (mm/s)			Resultante (mm/s)	Frequência (Hz)
		1	2	3		
EFC 01	30	0,070	0,063	0,118	0,312	3,15
EFC 02	30	0,393	0,281	0,079	0,490	6,3
EFC 03	35	0,338	0,190	0,301	0,491	12,5
EFC 04	54	0,342	0,141	0,195	0,418	12,5
EFC 05	50	0,352	0,115	0,087	0,381	3,15
EFC 06	62	0,253	0,315	0,216	0,459	12,5
EFC 07	31	0,358	0,130	0,141	0,406	12,5
EFC 08	23	0,486	0,522	0,578	0,918	40
EFC 09	57	0,064	0,079	0,327	0,342	10
EFC 10	> 400	0,242	0,204	0,221	0,386	3,15
EFC 11	45	0,250	0,119	0,184	0,332	12,5
EFC 12	45	0,084	0,071	0,209	0,237	3,15
EFC 13	40	0,356	0,161	0,156	0,421	40
EFC 14	35	0,174	0,252	0,194	0,362	40
EFC 15	60	0,047	0,167	0,125	0,214	3,15
EFC 16	23	0,465	0,212	0,444	0,677	40
EFC 17	40	0,479	0,205	0,209	0,562	80
EFC 18	400	0,110	0,079	0,219	0,258	3,15
EFC 19	160	0,141	0,170	0,150	0,267	6,3
EFC 20	> 400	0,053	0,067	0,283	0,296	3,15
EFC 21	30	0,131	0,190	0,168	0,285	40
EFC 22	51	0,249	0,090	0,105	0,285	3,15
EFC 23	35	0,134	0,190	0,201	0,307	40
EFC 24	38	0,078	0,151	0,305	0,350	3,15

Estabelecidos, principalmente, em regiões com sequências sedimentares clástico-carbonáticas mesozoicas e coberturas detrítico-laterítica com contribuições carbonáticas (CPRM, 2004), os detectores exemplificam o comportamento de dispersão das ondas em litotipos terrígenos e carbonáticos (com diferentes continuidades e graus de fraturamento).

Comparando-se os valores acima amostrados (para esta composição de linha férrea e vagões) e os intervalos identificados nas principais normas internacionais, observa-se que nenhuma das amostras obteve velocidade máxima de partícula-pico dentro do intervalo considerado danoso a estruturas com mesma fragilidade das cavernas.

Ressalta-se o fato de que esta linha férrea opera com as seguintes especificações:



- Velocidade máxima da composição (VMA): 80 km/h;
- Tamanho dos trilhos: entre 168m e 230m;
- Peso máximo da carga: 32Ton./Eixo por trem de minério;
- Tipo de locomotiva:
 - Trens de minério: EVO, DASH9 e SD80;
 - Cargueiros e serviços: VP C36
 - Manobra de pátio: SD40;
- Composição:
 - Trens de minério: 3 ou 4 locomotivas com 330 vagões;
 - Trens de carga: 2 ou 3 locomotivas com 130 vagões;
 - Trem de soja: 2 ou 3 locomotivas com 80 vagões.

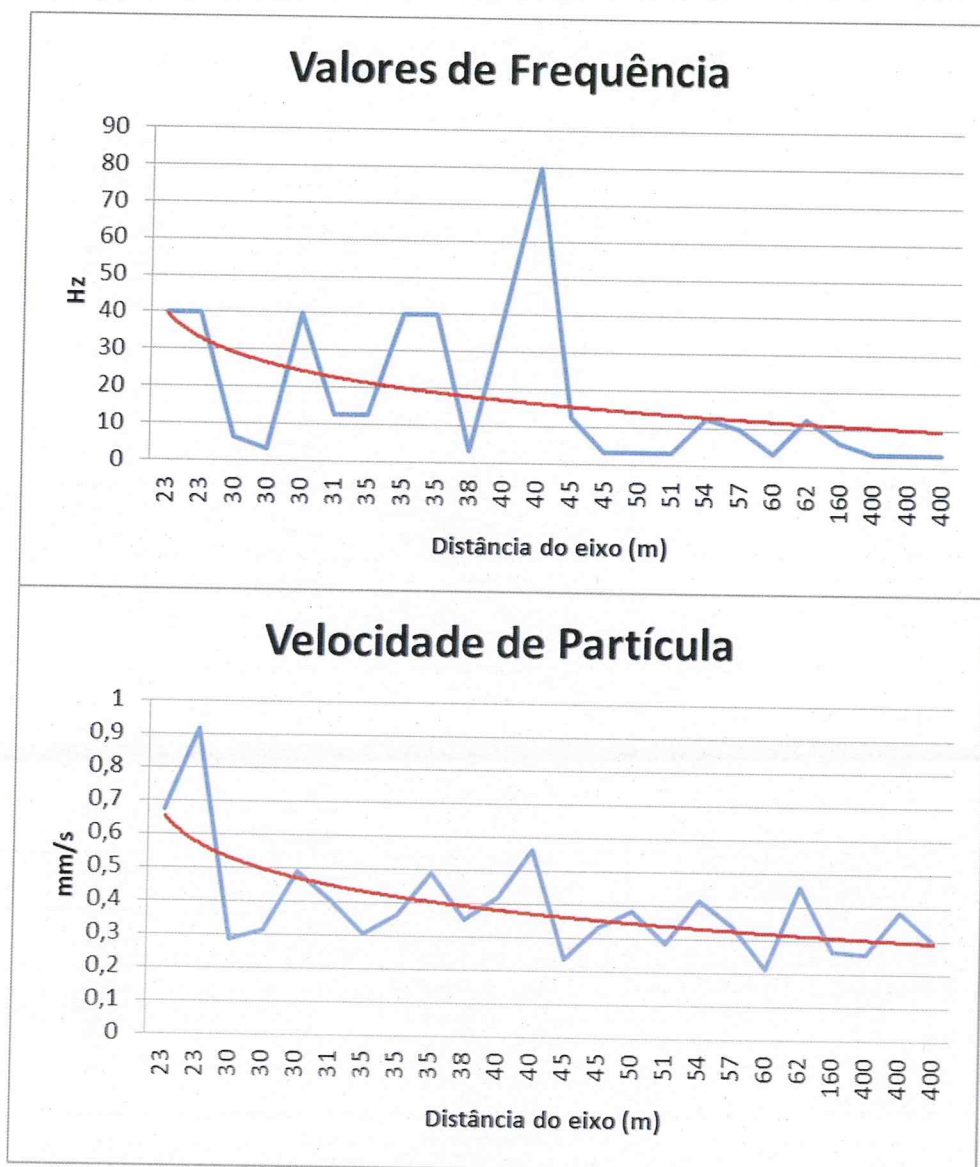
Mudanças na composição alteram as características de vibração. Trens mais leves e mais rápidos tendem a gerar vibrações mais superficiais e com maior amortecimento. Já cargas de minério como estas – por serem mais pesadas – geram vibrações mais profundas e maior velocidade de partículas.

Mesmo os pontos de amostragem mais próximos ao eixo – EFC 08 e EFC 16, ambos distantes apenas 23m da via – apresentaram frequência de 40 Hz e velocidades máximas de partícula-pico de 0,918 mm/s e 0,677mm/s, respectivamente. Estes valores são três vezes menores que o piso do intervalo de ressonância, e completamente fora dos intervalos que representam o estado limite último de resistência em todas as normas observadas.

Também se observa que quanto maior a distância entre o emissor e o receptor, maior é o amortecimento da vibração. Estes valores podem ser observados nos pontos EFC 08, EFC 06 e EFC 10, (presentes na mesma sequência sedimentar). O primeiro ponto se encontra a 23m do eixo com o binômio (frequência – velocidade de partícula) 40Hz-0,9mm/s; o segundo ponto – distante 62m – decai para o binômio 12,5Hz-0,4mm/s; e o último, distante mais de 400m tem o binômio 3,15-0,38mm/s.

Esta tendência de amortecimento com a distância pode ser observada nos gráficos 1 e 2. Apesar de haver pontos discrepantes, observa-se o comportamento geral do universo amostrado aproximando-se da estabilidade dos valores de vibração muito abaixo aos apresentados nas normas (convergindo para valores de vibração naturais, que são de 0,1mm/s, aproximadamente).





Gráficos 1 e 2. As curvas em azul apresentam o comportamento da série amostral. Em vermelho são apresentados os dados de curva de tendência construída com função logarítmica (já que os valores não podem ser iguais à zero). A frequência gerada pela operação tende a se estabilizar acima de 160m de distância com velocidades de partícula próximas 0,3mm/s.

Os pontos que se apresentam discrepantes dos valores de convergência geral podem refletir mudanças na composição e resistência do embasamento ou do meio pelo qual se propagaram as ondas. Vale salientar, contudo, que mesmo as amostras mais críticas, observadas nos pontos EFC 08 e EFC 17, com binômio 80Hz-0,562mm/s e 40Hz-0,918mm/s, estão muito abaixo dos intervalos apresentados nas normas.

Ressalta-se também que, com o aumento da distância, a vibração tende a aproximar-se dos valores de oscilação natural. Como exemplo, pode-se comparar aos

42

valores naturais obtidos para a Mineração Ferro Carajás, também próxima a áreas com contribuição terrígena-carbonáticas. Antes da instalação da mina, 20 pontos – próximos à área de uma das futuras instalações – foram monitorados para determinação de 'marco zero'. Estes pontos apresentaram valores para vibrações "exclusivamente" naturais entre 0,08 e 0,1mm/s, valores considerados imperceptíveis ao ser humano (GOLDER, 2010).

Medidas para minimização de impactos durante a instalação e operação da via:

No intuito de minimizar a área de influência da obra durante a implantação da via, serão adotadas algumas medidas operacionais para aumentar o fator de segurança ambiental das cavernas quanto à execução da obra:

- 1- A faixa de domínio poderá ser reduzida com largura menor que a largura de projeto (80m) e o eixo da via implantado de forma esconsa, visando afastar-se o máximo do limite da área de influência da caverna.
- 2- De acordo com o projeto, a área de influência da caverna (250m) não será utilizada para caixas de empréstimos, bota-fora, nem extração de material de construção. Salienta-se, também, que os trabalhos ficarão restritos à faixa de domínio da ferrovia.
- 3- Durante a implantação, os caminhos de serviços restritivos serão implantados entre a rodovia BA-172 e o limite da largura do aterro, garantindo assim, que qualquer vibração oriunda dos equipamentos, seja incorporada dentro dos limites assumidos no estudo de impactos das vibrações apresentado no **Anexo I** (*Desenvolvimento de Cálculo de Verificação de Ação Dinâmica durante a operação da Ferrovia – FIOL*).
- 4- Durante a implantação do projeto, será adotado o programa de monitoramento das vibrações, a fim de dimensionar os equipamentos e faixas operacionais dos mesmos, dentro dos limites impostos como margem de segurança normativa.
- 5- O projeto geométrico apresenta-se com o traçado maximizado garantindo assim a implantação de um greide com alturas de aterro minimizado e consequentemente a sua largura.
- 6- O segmento de implantação apresenta-se em aterro. O material aplicado no aterro será lançado, espalhado e compactado de acordo com as especificações

de projeto, à medida que o mesmo será transportado evitando-se assim estocagem de material solto, minimizando possibilidades de formação de processos erosivos, e carreamento de sedimentos.

7- Será adotado o programa de Educação ambiental dos trabalhadores da obra, bem como, da população lindeira, com enfoque na importância dos ambientes cavernícolas;

8- Durante a instalação a integridade dos elementos bióticos será mantida:

Dentre os elementos indispensáveis à preservação do equilíbrio do ecossistema cavernícola, tem-se a manutenção de sua área de influência. Durante as atividades de instalação da ferrovia, as áreas de via de acesso e construção do eixo são inevitavelmente desmatadas.

Em cavidades naturais subterrâneas próximas à faixa de domínio, essa ação pode implicar em alterações relativas a seu aporte energético, ao clima interno e à área de vida de animais que nela habitam ou que dela se utilizam em qualquer grau. Além destes, a retirada e/ou a substituição da vegetação nativa por espécies ruderais pode alterar a quantidade e diversidade do material terrígeno carreado para seu interior, podendo causar modificações que variam de alteração do substrato ao entupimento das cavernas.

Assim como a supressão da vegetação circundante pode gerar alterações em todos estes fatores, compreende-se que sua salvaguarda, associada à garantia de integridade do meio físico, proporciona plenas condições de manutenção dos sistemas cavernícolas.

Na região das cavernas estudadas, entende-se que o remanescente da floresta estacional semi-decidual é o principal agente (se não o único) responsável por essa manutenção, garantindo a atual taxa e qualidade de aporte energético, a estabilidade da infiltração de águas meteóricas, o equilíbrio do clima interno e a área de vida da fauna associada a essas cavernas.

Considerações finais

Considerando as normas internacionais e os intervalos por elas estabelecidos, com frequências entre 1 Hz e 100 Hz e velocidades de partícula entre 3mm/s e 18mm/s;

Considerando que, com base no estudo de caso da EFC, mesmo os detectores mais próximos à linha da ferrovia (23m) não demonstraram valores de operação no



intervalo crítico, sendo que todas as leituras apresentaram-se mais de três vezes menores do que o valor mínimo de velocidade de partícula;

Considerando que em âmbito nacional a faixa "*non aedificandi*" ao longo do eixo de ferrovias é de 30m (CHAVES *et. al.* 2008) e que a faixa de domínio da FIOIOL é de 40m – podendo ser reduzido na área de influência da caverna a seu *off-set*;

Considerando que por prevenção foi adotada distância mínima superior ao triplo da faixa de domínio – 116m – e que esta excede em cinco vezes o valor mínimo amostrado na EFC – 23m;

Considerando ainda que com este afastamento todo o remanescente de mata nativa, responsável pela manutenção do equilíbrio ecológico das cavernas será preservado;

Entende-se que:

Não há que se falar em impactos negativos irreversíveis a caverna PEA 0383 pela ações de instalação e operação da FIOIOL, já que a distância mínima adotada para a preservação da integridade física de cavernas garante a ausência de impactos negativos irreversíveis a estas estruturas, tanto durante a instalação quanto a operação da ferrovia. Da mesma forma, este afastamento promoverá intervenções apenas em áreas antropizadas (lavouras), mantendo a integridade do remanescente de mata, garantindo a manutenção do equilíbrio ecológico atualmente estabelecido na caverna PEA 0383.

- **Em resposta ao §3 do Ofício IBAMA Nº 151/2012/COTRA/CGTMO/DILIC**

- 1. Quanto aos fatores hídricos da Unidade São Félix do Coribe:**

O parágrafo 43 do Parecer Técnico Nº48/2012/COTRA/CGTMO/DILIC apresenta questionamento quanto às informações apresentadas sobre a dinâmica hídrica da unidade Espeleológica São Félix do Coribe. Questiona uma incongruência na informação apresentada quanto à ausência de indícios que confirmem a inundação nas cavernas estudadas e os indícios de percolação de água em todas as quatro escalas, incluindo enxurradas.

Estas informações estão presentes no relatório, respectivamente, nas passagens:

- Subtítulo: Fatores Hídricos, 4º paragrafo (pag. 68)



- Subtítulo: Unidade Espeleológica de São Félix do Coribe, 1º paragrafo (pág. 78)

Com exceção das grutas PEA 0380 e PEA 0382 – que se encontram às margens do Rio Corrente –, nenhuma das outras cavernas desta unidade apresenta indícios de inundação. Todas estas possuem acesso pelo topo do maciço, cerca de 10m acima do nível do rio, e não possuem quaisquer características específicas de inundações sazonais como, por exemplo, marcas de nível de cheias nas paredes ou matéria orgânica e sedimentos inconsolidados presos no teto ou porções mais altas. Também não possuem nenhum sinal externo – na área de influência – que indique a passagem de cheia do Rio Corrente, atingindo-as.

Contudo, quando avaliada à luz dos processos espeleogenéticos que deram origem às cavernas, feições típicas como, paredes polidas, seções abobadadas e pendentes de teto entre outras, indicam a passagem de *paleofluxos* hídricos – que podem ter ocorrido em qualquer tempo entre o final do proterozoico e o quaternário. Tais fluxos são bastante antigos e não podem, portanto, ser contados como pertencentes à dinâmica hídrica da caverna. Existem, no entanto, fluxos atuais, menos volumosos, como enxurradas canalizadas em fraturas e águas que ingressam de forma direta através da boca e clarabóias. Estas águas, passam por condutos e galerias sem, contudo, inundá-las.

2. Quanto às quatro escalas de fluxo de água

A definição das quatro escalas de fluxo de água encontra-se no:

Item: 6.1.3. Hidrografia, 2º paragrafo (pág. 77), como transcrito abaixo:

“A percolação das águas no ambiente cavernícola se dá em quatro escalas distintas: em poros na rocha matriz, em fissuras, em condutos e em galerias ou cavernas. Todas essas passagens garantem a formação e posterior precipitação e deposição secundária (espeleotemas ou deposição clástica) nas cavernas. Estas interações foram avaliadas para todas as dez cavidades em estudo.”



Entende-se por fissura descontinuidades planares tais como acamamento, juntas e falhas na qual a abertura (largura ou comprimento) é insignificante quando comparado à terceira dimensão – normalmente associados a diâmetros menores de um (01) cm; Conduitos são aberturas planares ou tabulares com largura em proporção significativa quando comparadas ao comprimento – normalmente maiores que um (01) cm, por permitirem a transmissão hídrica em fluxo turbulento (KLIMCHOUK & FORD, 2000).

A aplicação destas quatro escalas nas unidades espeleológica de Santa Maria da Vitória e São Félix do Coribe foram apresentadas nas subseções homônimas que constam nas páginas 77 a 79.

3. Quanto à Família do troglóbio citado; e se foi encontrado algum Staphylinidae troglóbio

A única espécie troglóbia encontrada no empreendimento ocorreu na caverna PEA 0383, sendo um aracnídeo da família Prodidomidae. Por se tratar de um indivíduo jovem, cujas características físicas utilizadas para cruzamento com as chaves de identificação não estavam desenvolvidas, o espécime de aranha foi preliminarmente identificado como da família Tetrablemmidae e, posteriormente, após submissão a mais especialistas, concluiu-se pertencer a família Prodidomidae.

Com ausência de olhos e despigmentada, o espécime foi encontrado em um salão que apresentava abundante matéria orgânica em decomposição. As aranhas pertencentes a esta família são de pequeno porte, com presença de seis olhos ou olhos ausentes, de coloração variando de amarelo uniforme até vermelho-amarronzado escuro. São aranhas consideradas como criptozóicas, vivendo na camada de serapilheira e debaixo de troncos em áreas de florestas e cavernas. Tetrablemmidae e Prodidomidae são animais bastante parecidos quando jovens, com características diagnósticas muito próximas. Quando adultos, diferenciam-se principalmente pelo formato da carapaça, coloração, disposição e formato de olhos, presença de dentes na quelícera e garra tarsal, tamanho e formato das fiandeiras e brilho nos pelos.

Quanto a segunda questão, não foram encontrados coleópteros Staphylinidae troglóbios. O besouro Staphylinidae, registrado apenas na caverna controle PEA 0381, foi classificado como troglomórfico (22º atributo da IN002/2009, 'Espécies troglomórficas'). Esse atributo é definido como ocorrência de animais cujas



características morfológicas revelem especialização decorrente do isolamento no ambiente subterrâneo ou outro ambiente similar com relação às condições físicas e ecológicas, sem, entretanto, haver dependência exclusiva e obrigatória do ambiente cavernícola.

Este coleóptero troglomórfico apresentou características diferenciadas das outras espécies da mesma família encontradas em outros estudos de áreas não cavernícolas – olhos muito reduzidos, mandíbulas reduzidas e palpos maxilares curtos. Essas características não foram observadas em outras espécies comuns em serapilheira, mas podem ser observadas em espécies do meio epígeo. Deste modo, a provável continuação dos estudos descritivos e comparativos, no âmbito da Academia, determinará sobre a característica, se apomórfica de troglóbios (TRAJANO & BICHUETTE, 2006) ou apenas de animais fossoriais do meio epígeo, podendo vir a ser troglófilo.

4. Quanto às duas espécies não identificadas

Os indivíduos citados no relatório como “não identificados”, foram encontrados nas cavernas PEA0378, PEA0380 e PEA0381.

O animal não identificado sp.1 de tamanho maior que um centímetro, foi encontrado nas cavernas PEA 0378 e PEA 0380. Possui corpo alongado, que se estreita gradativamente em direção às extremidades, sendo a anterior arredondada e a posterior obtusa. Apresenta corpo dorsoventralmente achatado, com dorso abaulado e ventre plano (SEITENFUS & ZANCHE, 2004). Os espécimes foram coletados nas paredes e solo das cavernas, sendo, por tanto, terrestres e de vida livre. Essas características indicam que sejam do filo Platyhelminthes, classe Turbellaria e ordem Tricladida, conhecidos popularmente como planárias terrestres.

As planárias terrestres são classificadas em três famílias, mas para a identificação deste nível, de gênero e de espécie são analisadas características externas e internas. A complexidade e a indisponibilidade de especialistas nesta família inviabilizou a identificação do táxon em questão. O espécime não possui quaisquer características troglomórficas (como por exemplo, despigmentação, variação do tamanho corporal, redução oftálmica ou anoftalmia, etc), sendo comum em ambientes externos à caverna.

O animal não identificado sp.2, encontrado na PEA 0381, pertence à Classe Insecta. Por estar ainda em estágio larval, não apresenta características taxonômicas de um indivíduo maduro, o que impossibilita sua classificação, uma vez que as chaves

4
B

de identificação utilizadas baseiam-se em características presentes apenas nos adultos.

5. Quanto a localização dos sítios arqueológicos em relação às cavernas e ao traçado da FIOL

A FIOL, no estado da Bahia só possui cavernas próximas ao seu traçado em duas áreas localizadas em seu Lote 6. Os estudos arqueológicos realizados demonstraram a presença de cinco sítios arqueológicos neste lote, nenhum deles em cavernas. Comparando a proximidade dos sítios em relação às cavidades naturais subterrâneas, concernentes ao licenciamento da FIOL, o mais próximo sítio distou 3,5km da caverna mais próxima (PEA0341), não havendo relação entre um e outro. Este fato repetiu-se nos demais sítios arqueológicos, cujas distâncias relativas ao eixo e à caverna mais próxima segue ilustradas no mapa anexo e na tabela abaixo:

Nome do Sítio	Lote Executivo	Zona	Coord. Leste	Coord. Norte	Status	Distância da Caverna mais próxima	Distância do Eixo da FIOL
Ferreiro	Lote 6	23L	654778	8518227	Resgatado	67,6 Km da PEA 0377	11,3 m
Boa Vida	Lote 6	23L	548388	8529197	Resgatado	5,1 Km da PEA 0343	10,0 m
Corredor I	Lote 6	23L	548693	8528652	Fora da ADA	5,7 Km da PEA 0343	390,0
Manga	Lote 6	23L	544117	8538949		3,5 Km da PEA 0341	465,6 m
Caldeirão Verde	Lote 6	23L	646053	8513896	Fora da ADA	38,9 Km da PEA 0377	15,4 km

Referências Bibliográficas

- Amplo Treinamento Consultoria. Estudo Ambiental (EA) e Plano Básico Ambiental (PBA). Projeto de Capacitação Logística Norte. 3ª e 4ª Etapa de Duplicação da Estrada de Ferro Carajás. Linha Tronco – Fases 1 e 2 e Áreas de Empréstimo (primeiro lote) . pag. 245. 2010
- BACCI, Denise de La Corte, LANDIM, Paulo Milton Barbosa, ESTON, Sérgio Médici, IRAMINA, Wilson Siguemasa. Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte I. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(1): pag. 51-57, jan. mar. 2003
- BERNARDO, Pedro e GAMA, Dinis. Sugestões para melhoria da Norma Portuguesa de Controle de Vibrações em Construções. 10º Congresso Nacional de Geotecnia. Lisboa. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, pag 10, maio de 2006.
- BRESCOVIT, A. B.; BONALDO, A. B.; BERTANI, R. & RHEIMS, C. A. **Key to spider families of Brazilian Amazonia**. 2002.
- BUZZI, Z. J. **Entomologia Didática**. 5 ed. UFPE, 2010. 535 p.



- CHAVES, G.V.A. PIMENTEL, R.L. e MELO, R.A. Contribuição à análise de Impactos de Linhas de Transporte de Passageiros Sobre Trilhos em edificações Lindeiras. 4º Concurso de Monografia CBTU 2008 – A Cidade nos Trilhos. 22p. 2008
- CONSTANTINO, R.; DINIZ, I. R.; PUJOL-LUZ, J. R.; MOTTA, P. C & LAUMANN, R. A. **Textos de Entomologia**, 2002. 89 p
- CPRM 2004.CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO, Projeto GIS do Brasil - Sistema de Informações Geográficas do Brasil - Etapa 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil – PGB.
http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webm_ap=N. Acessado em 20 de março de 2012
- DDT - District Department of Transportation. St. Elizabeths East Transportation Network: Vibration. Appendix F – Vibration. Technical Report. 16p. September 2011
- DIN 4150-3 Vibrações em Edifícios – Parte 3: Efeitos nas Estruturas. 1983
- GOLDER Associates. Estudo de Impacto Ambiental EIA – Projeto Ferro Carajás S11D. Canaã dos Carajás, PA. Volume II-A. 536p. Junho de 2010.
- ISO 4866. Mechanical Vibration eand Shock - Vibration of Buildings - Guidelines for the Measurement of Vibrations and Evaluation of Their Effects on Buildings. 1990
- JOCQUÉ, R. & DIPPENAAR-SCHOEMAN, A. S. **Spider families of the world**. 2006. 336 p.
- KLIMCHOUK, A. and FORD, Derek. **Types of Karst and Evolution of Hydrogeologic Setting. Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers**. National Speleological Society. Pp. 45- 53. 2000
- MOUTINHO, Carlos Manuel Ramos. Controle de Vibrações em Estruturas de Engenharia Civil. FUEP. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, TESE de DOUTORADO. pp 394. 2007
- OIKOS – Pesquisa Aplicada LTDA. Relatório de Impacto Ambiental RIMA. Ferrovia de Integração Oeste-Leste. Ministério dos Transportes, 2009. Disponível em: http://www.oikos.com.br/adobados/EIA_RIMA_FIOL/88FOL_2009_11_27_RIMA/88FOL_RIMA_V2.pdf. Acesso em: 03/08/2011.
- PANORAMA ESTUDOS AMBIENTAIS. Caracterização Espeleológico de Dez Cavidades Naturais Subterrâneas presentes na área de influencia do Lote 06 da Ferrovia de Integração Oeste-Leste, Estado da Bahia. Brasília: Panorama Ambiental. 231p. 2011.
- SN 640312 a Efeitos das Vibrações nas Estruturas. 1978 (em francês)
- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E. **Biologia Subterrânea: Introdução**. Redespeleo Brasil, 2006. 9-88.
- TRAJANO, E. & GNASPINI-NETTO, P. **Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise da distribuição dos táxons**. Revista Brasileira de Zoologia, 1991. 7 (3): 383 - 407.
- TRIPLEHORN, C. A. & JOHNSON, N. F. **Borror and Delong's introduction to the study of insects**. 7. ed., 2005. 864 p.

